DIE NATURWISSENSCHAFTEN

28. Jahrgang | 20. September 1940 | Heft 38

Die „Energiewanderung" in Kristallen und Molekülkomplexen[1]).

Von N. RIEHL.

Die Übertragung und Fortleitung der Energie innerhalb fester Körper konnte nach der bisherigen Kenntnis entweder durch Strahlung erfolgen oder aber dadurch, daß die Energie von einem Atom zu einem *benachbarten* Atom überging und auf diese Weise nach und nach beträchtliche Strecken zurücklegte. Forschungen der letzten Jahre haben gezeigt, daß bei Kristallen und großen Molekülaggregaten ein Energieübertragungsmechanismus besteht, bei dem das Energiepaket strahlungslos von einem Atom zu einem entfernt liegenden anderen *unter Überspringung der dazwischenliegenden Atome* gelangt, also über größere Strecken wandert, ohne von den unterwegs liegenden Atomen verschluckt zu werden. Dieser Vorgang, den wir als „Energiewanderung" bezeichnen wollen, bildet den Gegenstand nachfolgender Zeilen.

Die übersichtlichste Begründung für die Existenz der Energiewanderung ergibt sich aus den Arbeiten von RIEHL an Lumineszenzstoffen, speziell an den sog. Kristallphosphoren. Bekanntlich sind Phosphore nur dann lumineszenzfähig, wenn der betreffenden Grundsubstanz eine kleine Menge (z. B. $^1/_{100}$ %) eines Fremdstoffes („Aktivator", „Phosphorogen") zugesetzt ist. Das Lumineszenzspektrum ist maßgeblich durch die Natur des *Fremdstoffes* bestimmt. Als *emittierendes* System muß man also das Fremdstoffatom ansehen (wobei natürlich eine gewisse Beeinflussung des Emissionsspektrums des Fremdstoffatoms durch die umgebende Grundsubstanz vorhanden ist). RIEHL hat sich die Frage vorgelegt, ob auch der *Erregungs*vorgang sich nur an dem Fremdstoffatom abspielt, ob also das erregende (meist ultraviolette) Quant am Fremdatom selbst absorbiert werden muß, damit ein Leuchten zustande kommt, oder ob irgendwelche anderen Stellen des Gitters für die „erregende Absorption" verantwortlich sind. In besonders sicherer Weise konnte er diese Frage für den Fall der Erregung durch α-Strahlen beantworten[2]). Er konnte feststellen[3]), daß bei bestimmten Luminophoren, so z. B. bei mit Cu aktiviertem Zinksulfid, die kinetische Energie der erregenden α-Strahlung zu fast 100 % in Lumineszenzlichtenergie umgesetzt wird. Nun wird aber ein α-Teilchen, welches das ZnS-Gitter durcheilt, nicht nur von den wenigen Cu-Atomen, die im ZnS-Gitter verstreut sind, gebremst, sondern jedes in der Nähe der α-Teilchenbahn gelegene Zn- oder S-Atom wird zur Bremsung des α-Teilchens etwas beitragen und etwas Energie von ihm aufnehmen. Da aber die Energie — wie eben gesagt — fast hundertprozentig in Licht umgesetzt wird, so heißt das, daß jedes oder fast jedes Zink- oder Schwefelatom in einer solchen Weise Energie vom α-Teilchen aufnehmen kann, daß diese der Lumineszenzerregung zugute kommt. Mit anderen Worten: *Die Absorption der erregenden Energie findet nicht an den Phosphorogenatomen (Cu-Atomen) statt, sondern jedes Zink- oder Schwefelatom des ZnS-Gitters ist imstande, diese Energie aufzunehmen und dem leuchtenden System, dem Phosphorogenatom, zuzuführen.* Das gleiche Ergebnis gilt nicht nur für die Erregung durch α-Strahlen, sondern auch für die Erregung durch Ultraviolett[1]). Die Untersuchungen von RIEHL haben gezeigt, daß auch bei Erregung mit Ultraviolett die Quantenausbeute in der Größenordnung von 100 % liegt, d. h. auf jedes absorbierte Ultraviolettquant kommt ein emittiertes Lichtquant. Andererseits konnte RIEHL aber zeigen, daß die in Frage kommende Ultraviolettstrahlung (zumindest ihr kurzwelliger Teil) nicht etwa nur von den Fremdstoffatomen absorbiert wird, sondern daß die Absorption im gesamten ZnS (bzw. ZnCdS)-Gitter stattfinden kann. Das ergibt sich u. a. daraus, daß das Absorptionsspektrum im ultravioletten Teil nur wenig, in manchen Fällen fast gar nicht von der Anwesenheit des Phosphorogens beeinflußt wird. Man muß hier also annehmen, daß die eingestrahlte Energie vom Gitter der Grundsubstanz selbst absorbiert wird und erst dann auf die leuchtfähigen Gebilde, d. h. auf die Atome des Phosphorogens, übertragen wird. Ähnliche Ergebnisse konnten auch an einer Reihe anderer Lumineszenzstoffe (so z. B. bei Silikaten und Wolframaten) erzielt werden[2]).

[1]) Aus dem wissenschaftlichen Laboratorium der Auergesellschaft Berlin.

[2]) Ann. Physik (5) **29**, 640 (1937).

[3]) Ann. Physik. (5) **11**, 103 (1931).

[1]) Diese Ergebnisse sind insbesondere an Cu- bzw. Ag-haltigem Zinkcadmiumsulfid gewonnen worden.

[2]) Bei Wolframaten [vgl. N. RIEHL, Ann. Physik (5), **29**, 661 (1937)] ergibt sich das Vorliegen einer Energiewanderung schon aus der Art des Einflusses von Fremdzusätzen auf die Lumineszenzfähigkeit dieser Stoffe. TIEN-HUAN-TSAO (Greifswald, Diss.) sowie RIEHL (l. c.) fanden, daß einige Elemente schon in kleinster Konzentration eine vollkommene Auslöschung der Fluoreszenz bewirken, und zwar genügt z. B. schon ein Zusatz von nur 1/2700 Chrom oder 1/900 Mangan. Wenn jedes Calciumwolframatmolekül fluoreszenzfähig wäre, so würde es nicht möglich sein, die Fluoreszenzfähigkeit durch einen so winzigen Zusatz zu vernichten. Also sind wohl nur einzelne bevorzugte Stellen des Gitters emissionsfähig. Die Erregung erfolgte bei den in Frage kommenden Versuchen durch Röntgenstrahlen bzw. durch die Hg-Linie 253,7 mμ. Die Absorption der Röntgenstrahlen bzw. die Bremsung der sekundären Elektronen (Photo- und Comptonelektronen) vollzieht sich bestimmt nicht an irgendwelchen bevorzugten

Bedenkt man, daß z. B. bei dem mit Cu aktivierten ZnS jedes Cu-Atom von etwa 18000 Zn- oder S-Atomen umgeben ist, so ergibt sich, daß die Kantenlänge eines ZnS-Würfels, der einem Cu-Atom zugeordnet werden kann, rund 20 Netzebenenabstände beträgt. Da die an beliebiger Stelle des ZnS-Gitters absorbierte Energie des UV.-Quants mit einer Wahrscheinlichkeit von nahezu Eins zu den Cu-Atomen gelangt, so muß die Energie verlustfrei Strecken zurücklegen können, die mindestens 20 Netzebenenabstände betragen.

Es läßt sich zeigen, daß diese Energieübertragung über so große Strecken nicht etwa durch Strahlung stattfindet[1]). Auch für den Fall der Erregung durch α-Strahlen läßt sich nachweisen, daß nicht etwa irgendwelche von dem α-Strahl in der Substanz erzeugte Sekundärstrahlen, etwa sekundäre β-Strahlen, für die Energieübertragung über so große Strecken verantwortlich zu machen sind.

Bevor wir uns der Frage der theoretischen Erklärung dieser Vorgänge zuwenden, wollen wir erst die Ergebnisse anderer Forscher betrachten, die auf ganz anderen Gebieten Erscheinungen fanden, welche ebenfalls zwingend zu der Annahme einer Energiewanderung führen.

Zunächst wenden wir uns den Untersuchungen von TIMOFÉEF-RESSOVSKY, ZIMMER und DELBRÜCK zu, die sich mit den durch Röntgenstrahlen ausgelösten Mutationen befassen[2]). Diese Forscher untersuchten die Abhängigkeit der bei der Fliege Drosophila melanogaster ausgelösten Mutationen von der angewandten Röntgendosis. Insbesondere bestimmten sie hierbei den Absolutwert der durch verschieden große Röntgendosen ausgelösten Raten bestimmter Mutationsschritte. Die Mutationsrate, die auf ein r bezogen ist (und die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der betreffenden Mutation nach Bestrahlung mit $1\,r$ darstellt), wird als Mutationskonstante α bezeichnet. Die Zahl der in einem bestimmten Experiment auftretenden Mutationen der betrachteten Art sei n. Diese Zahl ist proportional der Zahl N der bestrahlten Gameten und der Röntgendosis R (natürlich nur solange n/N klein gegen Eins ist). Die Proportionalitätskonstante ist die genannte Konstante α:

$$n = \alpha \cdot R \cdot N \qquad (1)$$

Die theoretische Bedeutung von α ergibt sich aus der von den genannten Autoren vorgeschlagenen Theorie der durch Röntgenstrahlen ausgelösten Genmutationen. Nach dieser Theorie werden die einzelnen Genmutationen durch eine einzige, durch Zufall günstig plazierte Ionisation (oder durch Anregung eines Atoms) hervorgerufen, einen sog. *Treffer*. Die Autoren legten sich die weitere Frage vor, wie groß der Treffbereich ist, d. h. der Bereich, innerhalb dessen eine Ionisation oder Anregung stattfinden muß, damit sie mit großer Wahrscheinlichkeit eine Mutation nach sich zieht. Dieser Bereich möge a Atome umfassen. Appliziert man eine Dosis R (gemessen in r-Einheiten), die pro Kubikzentimeter organisches Material $\nu \cdot R$ Ionisationen bzw. Anregungen erzeugen möge, so ist die Wahrscheinlichkeit w, daß von diesen $\nu \cdot R$ Ionisationen eine in den Treffbereich fällt

$$\omega = \nu \cdot R \cdot \frac{a}{A}, \qquad (1a)$$

wo A die Zahl der Atome pro Kubikzentimeter organisches Material ist. Nun ist α, wie man aus Formel (1) erkennt, das Reziproke von derjenigen Röntgendosis, die in einem Gameten mit einer mit 1 vergleichbaren Wahrscheinlichkeit ($n/N = 1$) die betreffende Mutation erzeugt. Setzt man also in Gleichung (2) $R = 1/\alpha$ und $w = 1$, so erhält man eine Bestimmungsgleichung für die Anzahl a der im Treffbereich enthaltenen Atome:

$$a = \frac{A}{\nu} \cdot \alpha. \qquad (2)$$

Um diese Gleichung anzuwenden, benötigt man noch die Kenntnis der Zahl A der Atome im Kubikzentimeter Organsubstanz, die wir gleich der des Wassers (A $10^{23}\,\mathrm{cm}^{-3}$) setzen, und ferner die Kenntnis von ν, der Zahl der Ionisation bzw. Anregungen durch eine r-Einheit im Kubikzentimeter organischen Materials. In Luft erzeugt ein r etwa $2 \cdot 10^9$ Ionenpaare pro Kubikzentimeter und etwa ebensoviel Anregungen, also im ganzen etwa $4 \cdot 10^9$ elementare Prozesse an Elektronen. In organischem Material ist die Zahl der Elektronen pro Kubikzentimeter 1000mal größer als in Luft, also ist auch der Absorptionskoeffizient für Röntgen- bzw. γ-Strahlen etwa 1000mal größer, und deshalb muß auch ν etwa den Faktor 1000 erhalten. Wir setzen also $\nu \backsimeq 4 \cdot 10^{12}$.

Wir erhalten somit für den Treffbereich eines Mutationsschrittes (ausgedrückt als Zahl der Atome, die der Bereich umfaßt) den Ausdruck:

$$a \backsimeq 2{,}5 \cdot 10^{10} \cdot \alpha.$$

Atomen, sondern an allen Atomen des Gitters, so daß die erregende Energie nicht von vereinzelten emissionsfähigen Calciumwolframatmolekülen, sondern von jedem beliebigen Atom des Gitters aufgenommen wird. Dasselbe gilt für die Erregung durch die Linie 253,7. Hier wird ferner die Energie praktisch verlustfrei an die leuchtfähigen (emissionsfähigen) Stellen des Gitters fortgeleitet, denn die Energieausbeute bei UV-Erregung der Wolframate liegt — ebenso wie bei den schon erwähnten Zinksulfiden — größenordnungsmäßig bei Eins. Die Energie, die von jedem beliebigen Calciumwolframat aufgenommen werden kann, wandert also in ähnlicher Weise wie bei Zinksulfid über viele Netzebenen hinweg zu einem der wenigen emissionsfähigen Atome. Aber auch wenn man an der Annahme festhalten wollte, daß doch *jedes* Calciumwolframatmolekül emissionsfähig sei, muß man dennoch eine Energiewanderung annehmen, nämlich vom Ort der Absorption zu den vereinzelt im Gitter verstreuten „löschenden" Fremdstoffatomen (vgl. weiteres hierzu bei RIEHL l. c.).

[1]) N. RIEHL, Angew. Chem. 51, 301 (1938).

[2]) Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Fachgr. VI, N. F. 11, Nr 13 (1935) — Z. indukt. Abstammungslehre 61, H. 3, 330 (1936).

Auf Grund der experimentellen Daten von α ergeben sich hieraus für den Treffbereich a — je nach Art des Mutationsschrittes — Werte von 75 bis 1650 Atomen.

Wohlgemerkt hat die Größe des Treffbereichs nichts mit der Gengröße zu tun. Diese kann größer oder kleiner als der Treffbereich sein. Der Treffbereich hat auch nichts zu tun mit der Größe des Bereiches, der durch die Mutation verändert wird. Dieser letztere wird im allgemeinen sehr viel kleiner als der Treffbereich sein, von der Größe weniger Atome. Der Treffbereich mißt nur die Größe der Umgebung, von der aus eine eingelieferte Energie an die mutable Stelle mit einiger Sicherheit weitergeleitet wird. Dieser Bereich kann auch nichtgenisches, dem Gen unmittelbar benachbartes Material enthalten.

Die Tatsache, daß Treffbereiche bis zur Größenordnung von 1000 Atomen vorkommen, ist sehr bemerkenswert und bedeutet, daß hier ähnliche Energieübertragungsvorgänge eine Rolle spielen dürften wie bei der von RIEHL beobachteten Energiewanderung in den Phosphoren. Es wäre an sich denkbar, daß die Energiefortleitung in den Chromosomen von einer anderen Natur ist als die bei den Phosphoren beobachtete. H. FRICKE und seine Mitarbeiter haben nämlich versucht, die an Chromosomen beobachteten Ergebnisse auf eine andere Weise, auf Grund der Ergebnisse der Radiochemie, zu erklären[1]). Manche durch Röntgenstrahlen hervorgerufenen chemischen Reaktionen weisen die Eigentümlichkeit auf, daß die Zahl der umgesetzten Moleküle streng linear (nicht exponentiell, wie es das Massenwirkungsgesetz erfordern würde) mit der Dosis wächst und daß der Umsatz von der Konzentration der gelösten reaktionsfähigen Moleküle weitgehend unabhängig ist. Dieser Befund wurde dahin gedeutet, daß die Wassermoleküle, die bei der großen Verdünnung der Lösung den größten Teil der Ionisationsenergie aufnehmen müssen, in einen „aktivierten" Zustand übergehen und ihre Energie vorzugsweise nur bei Stößen mit reaktionsfähigen Molekülen verlieren und an diese abgeben. K. G. ZIMMER[2]) hat die Frage untersucht, ob man mit dieser Vorstellung auch bei der Erklärung der durch Röntgenstrahlen ausgelösten Mutationen auskommt. Er gelangt hierbei zu dem Ergebnis, daß dies nicht der Fall sei. ZIMMERS Betrachtungen beschränken sich nicht allein auf den Fall der Genmutationen, sondern erstrecken sich auf biologische Strahlenwirkungen allgemein. Die Unanwendbarkeit der Vorstellungen von FRICKE ergibt sich zunächst schon aus dem Umstand, daß der Umsatz bei fast allen bisher untersuchten biologischen Reaktionen, wie z. B. Zerstörung von Oxyhämoglobin und von Fermenten, nicht linear, sondern nach $N = N_0(1 - e^{-kD})$ mit der Dosis wächst. Noch überzeugender aber spricht gegen die Mitwirkung aktivierter Wassermoleküle die Art der Abhängigkeit der Mutationsrate von der Ionisations*dichte*. Bei der Untersuchung dieser Abhängigkeit wurde die applizierte Röntgendosis konstant gehalten, die Ionisationsdichte aber durch Anwendung verschiedener Strahlenarten variiert. Bei einem zwar insgesamt großen aber nicht struktuierten und äußerst fein unterteilten Treffbereich, wie ihn etwa die aktivierbaren Wassermoleküle darstellen, müßte die Ionisationsdichte ohne Bedeutung sein. Ein Sättigungseffekt, d. h. eine Abnahme des Ausbeutekoeffizienten bei hoher Ionisationsdichte, dürfte nicht auftreten. Wohl aber muß ein solcher Sättigungseffekt auftreten, wenn man es mit großen Treffbereichen zu tun hat. Denn sobald in einem Treffbreich mehr als eine Ionisation stattfindet, bleibt ein Teil der Ionisationen für die betreffende Reaktion unausgenutzt, und der Umsatz je Ionenpaar fängt an abzusinken. Ein solcher Sättigungseffekt konnte sowohl bei den Mutationen der Drosophila melanogaster als auch bei einigen anderen biologischen Strahlenwirkungen mit Sicherheit nachgewiesen werden. Aus diesen Betrachtungen, wegen deren Einzelheiten auf die erwähnte Arbeit von ZIMMER verwiesen sei, geht hervor, daß man auch die von TIMOFÉEF-RESSOVSKY, ZIMMER und DELBRÜCK gefundenen Tatsachen nur durch die Annahme einer Energiewanderung in dem oben gekennzeichneten Sinne erklären kann.

Unter den Versuchsergebnissen, die auf eine Energiewanderung schließen lassen, müssen auch die Untersuchungen von EMERSON und ARNOLD[1]) sowie GAFFRON und WOHL angeführt werden. Es geht bei diesen um die Erklärung des physikalisch-chemischen Mechanismus der Kohlensäureassimilation. Hierüber haben GAFFRON und WOHL[2]) vor einigen Jahren in dieser Zeitschrift eingehend berichtet, so daß wir uns hier nur auf das beschränken können, was unmittelbar mit der Frage der Energiewanderung zusammenhängt.

Nach WARBURG und NEGELEIN[3]) werden für die Reduktion eines Kohlensäuremoleküls 4 Lichtquanten benötigt. Geht man hierbei von der Annahme aus, daß sich 1 Kohlensäuremolekül an 1 Chlorophyllmolekül in irgendeiner Weise anlagert, so müßte man erwarten, daß das betreffende Chlorophyllmolekül nacheinander 4 Lichtquanten empfängt und der Reduktionsreaktion zuführt. Es läßt sich aber aus den Versuchsdaten von WARBURG und NEGELEIN ausrechnen, daß bei ihrem Versuch nur 0,8 % der Chlorophyllmoleküle die zur Reduktion „ihres" Kohlensäuremoleküls erforderlichen 4 Quanten erhalten haben können. Dementsprechend müßte also die photochemische Ausbeute hierbei sehr schlecht gewesen sein. In Wirklichkeit aber fanden WARBURG und NEGELEIN nahezu die theoretische Ausbeute. Wie erklärt sich dieser Widerspruch? Hier setzen die Unter-

[1]) Vgl. z. B. H. FRICKE, The chemical foundation for the biological effects of X-rays, Libro de oro por Prof. Angel H. Roffe **1936**, 404.

[2]) Fundam. radiol. (Berl.) **5**, 168 (1940).

[1]) J. gen. Physiol. **16**, 191 (1932).

[2]) Naturwiss. **24**, 81 u. 103 (1936).

[3]) Vgl. Naturwiss. **13**, 985 (1925).

suchungen von EMERSON und ARNOLD ein. Diese Autoren haben Assimilationsversuche ausgeführt, bei denen die Pflanzen mit einzelnen Funkenentladungen belichtet wurden. Diese Belichtungszeiten sind so kurz (10^{-5} Sek.), daß ihre Dauer gegenüber der Dauer der sich im Dunkeln abspielenden chemischen Folgereaktionen (Blackman-Reaktion) zu vernachlässigen ist. Überdies waren die einzelnen aufeinanderfolgenden Funken durch so lange Dunkelpausen voneinander getrennt, daß in der Zwischenzeit die Blackman-Reaktion vollständig ablaufen konnte. Unter diesen Umständen ist die Assimilationsleistung bei hinreichender Kohlensäurekonzentration und bei konstanter Chlorophyllmenge allein durch die Lichtintensität bestimmt. Mit wachsender Lichtintensität muß die Assimilationsleistung steigen. Eine Sättigung dürfte erst bei so hohen Lichtintensitäten eintreten, daß während eines Lichtblitzes jedes wirksame Chlorophyllmolekül 4 Quanten erhalten und daher sein Kohlensäuremolekül reduzieren würde. Nun tritt aber in Wirklichkeit diese Sättigung schon sehr viel früher ein, nicht erst, wenn die Zahl der reduzierten Kohlensäuremoleküle und die Zahl der vorhandenen Farbstoffmoleküle sich angenähert wie 1 : 1 verhalten, sondern wenn auf 1 reduziertes Kohlensäuremolekül 2500 Chlorophyllmoleküle kommen. EMERSON und ARNOLD sahen sich daher zu der Annahme gezwungen, daß die Chlorophyllmoleküle zu „Einheiten" von je 2500 Molekülen zusammengefaßt sind. Lichtsättigung tritt ein, wenn 1 Einheit 4 Lichtquanten empfängt und 1 Kohlensäuremolekül reduziert. Durch diese Annahme erklärt sich einerseits die früh einsetzende Lichtsättigung und andererseits die gute photochemische Quantenausbeute. Wie wir oben sahen, ist die Wahrscheinlichkeit dafür, daß ein einzelnes Chlorophyllmolekül 4 Quanten empfängt und so eine Reduktion vollziehen kann, bei den in Frage kommenden Lichtintensitäten nur sehr gering. Daß ein Komplex von 2500 Molekülen 4 Quanten erhält, ist dagegen sehr viel wahrscheinlicher; daher die gute Quantenausbeute.

Dieses wichtige Ergebnis haben GAFFRON und WOHL noch auf einem anderen Wege geprüft und bestätigt. Wegen der Einzelheiten ihrer Betrachtungen verweisen wir auf die obenerwähnte Zusammenfassung in dieser Zeitschrift. Wir bringen hier nur in aller Kürze das Wesentlichste. Geht man von der früheren Anschauung aus, nach der jedes Chlorophyllmolekül 4 Quanten empfangen muß, um 1 Kohlensäuremolekül zu reduzieren, so läßt sich ausrechnen, daß eine Quantenausbeute von 0,5 günstigenfalls bei einer solchen Lichtintensität auftreten müßte, bei der die Zeit, in der 1 Chlorophyllmolekül 4 Quanten empfängt, gleich der BLACKMANschen Reaktionszeit ist. Die Autoren haben nun auf Grund verschiedener Messungen diese „theoretische" BLACKMANsche Reaktionszeit ausgerechnet und kommen so zu einer Reaktionsdauer von rund 20 Sek. Wohlgemerkt beruht diese Rechnung auf der probeweisen Annahme, daß jedes einzelne Chlorophyllmolekül 4 Quanten empfangen muß, um das Kohlensäuremolekül zu reduzieren. Nun läßt sich aber die Blackman-Periode auch direkt experimentell bestimmen, z. B. mit Hilfe der obengenannten Versuche mit intermittierender Belichtung durch Funken. Solange die Intervalle zwischen den Funkenentladungen genügend lang sind, ist die Assimilation nur durch die Lichtenergie der Funken bestimmt und ist unabhängig von der Größe dieser Intervalle, da die Blackman-Reaktion im Laufe jedes Intervalls praktisch vollständig ablaufen kann. Verkürzt man aber die Dunkelpausen und läßt man sie mit der Blackman-Periode kommensurabel werden, so ist der Assimilationsapparat bei Einsetzen eines neuen Funkens noch nicht wieder voll arbeitsfähig, und die Assimilationsleistung pro Funken nimmt ab. Die Länge der Dunkelzeit, bei der dieser Abfall merklich wird, ist ein ungefähres Maß für die BLACKMANsche Reaktionszeit. Auf diesem sowie auch noch einem anderen (exakteren) Wege gelangten EMERSON und ARNOLD zu dem direkten experimentellen Schluß, daß die BLACKMANsche Reaktionszeit eine Dauer von 0,02 Sek. haben muß. Man sieht also, daß man zu einer etwa 1000mal zu großen Blackman-Periode (20 Sek. gegen 0,02 Sek.) gelangt, wenn man an der Annahme festhält, daß jedes einzelne Chlorophyllmolekül 4 Lichtquanten empfangen muß, um ein Kohlensäuremolekül zu reduzieren. Auch hier löst sich wieder der Widerspruch, wenn man die Annahme macht, daß die Chlorophyllmoleküle zu Aggregaten (Einheiten) von je etwa 1000 Molekülen zusammengefaßt sind. Denn wenn ein Molekül 20 Sek. braucht, um 4 Quanten zu absorbieren, so wird ein Aggregat von 1000 Molekülen eine 1000mal kürzere Zeit, d. h. also 0,02 Sek. benötigen, um 4 Quanten zu empfangen. Nimmt man also die Existenz solcher Aggregate an, so gelangt man zu einem theoretisch errechneten Wert für die BLACKMANsche Reaktionszeit, der mit dem experimentell gefundenen übereinstimmt. Die zuletzt angeführte Überlegung ist von der durch EMERSON und ARNOLD angestellten unabhängig und bildet somit eine weitere Bestätigung für die Realität der „Assimilationseinheit". Zwar gelangt man auf dem einen Wege zu einer Einheit, die aus 2500 Molekülen aufgebaut ist, während der andere Weg zu einer Einheit von nur 1000 Molekülen führt. Doch liegen beide Zahlen in derselben Größenordnung, und die Unterschiede lassen sich durch andere Einflüsse erklären[1]).

Das Ergebnis ist also, daß rund 1000 Chlorophyllmoleküle einen Komplex bilden und daß die Energie von 4 an verschiedenen Stellen dieses Komplexes absorbierten Lichtquanten durch irgendeinen Übertragungsmechanismus dem zu reduzierenden Kohlensäuremolekül zugeleitet wird. Wir haben es hier also wiederum mit der Erscheinung einer Energiewanderung zu tun. Zwar kann man

[1]) Vgl. GAFFRON u. WOHL, l. c.

auch hier den Einwand machen, daß vielleicht das Kohlensäuremolekül bzw. dessen photochemisches Umwandlungsprodukt von Chlorophyll- zu Chlorophyllmolekül diffundiert und die einzelnen dort gespeicherten Quanten sammelt. Doch ist eine solche Annahme aus verschiedenen Gründen unwahrscheinlich, so daß man viel eher zu der Annahme geführt wird, daß hier — ähnlich wie bei den Phosphoren — eine Energiewanderung in dem oben angedeuteten Sinne vorliegt.

Schließlich sei noch auf die interessanten Ergebnisse von G. SCHEIBE, A. SCHÖNTAG und F. KATHEDER hingewiesen, die ebenfalls Beobachtungen gemacht haben, welche das Vorliegen einer Energiewanderung nahelegen. Diese Autoren untersuchten die Fluoreszenz von polymerisierten Farbstoffen, so z. B. Pseudo-Isozyaninchlorid. Sie fanden, daß die Fluoreszenz durch bestimmte Zusätze, z. B. Brenzkatechin, ausgelöscht wird, und zwar genügt auffallenderweise schon 1 Molekül der Löschsubstanz auf etwa 10^3 bis 10^6 Farbstoffmoleküle, um eine merkliche Löschung der Fluoreszenz zu erzielen. Die Autoren nehmen an, daß die Farbstoffmoleküle lange Ketten bilden, bestehend aus bis zu 1 Million Farbstoffmoleküle. In diesen Ketten kann die Lichtenergie an beliebiger Stelle aufgenommen und kann das an bestimmten Stellen der Kette angelagerte Löschmolekül durch Stoß abgegeben werden. Es muß also eine Energiewanderung über Tausende von Farbstoffmolekülen hinweg möglich sein. Wir sehen, daß diese Betrachtungsweise im wesentlichen mit der von RIEHL angestellten Überlegung identisch ist, wonach die Fluoreszenzauslöschung durch geringste Fremdstoffzusätze bei Calciumwolframat einen Beleg für das Vorliegen einer Energiewanderung bildet[1]).

So führen also mehrere voneinander völlig unabhängige Versuchsgebiete und Überlegungen zu dem gleichen Resultat, nämlich zu der Annahme, daß im Kristall und in Molekülkomplexen eine Übertragung der absorbierten Lichtenergie über sehr große Strecken auf strahlungslosem Wege möglich ist. Wie schon eingangs angedeutet, sind die auf dem Gebiet der Genmutation, der Kohlensäureassimilation und auch der polymerisierten Farbstoffe vorliegenden physikalischen und chemischen Bedingungen zur Zeit noch nicht so übersichtlich, daß sich ein konkretes Modell für den Mechanismus der Energiewanderung aufstellen ließe. Relativ übersichtlich sind dagegen die Verhältnisse bei den Phosphoren, da man es hier mit Kristallen von definiertem Kristallgitter zu tun hat. Hier ist es daher auch lohnend, Spekulationen über den Mechanismus der Energiewanderung aufzustellen, wobei man hoffen kann, daß die so gewonnenen Ergebnisse — wenigstens in ihren grundsätzlichen Zügen — sich auch auf die anderen, komplizierteren Systeme übertragen lassen werden. Wir wollen daher zum Schluß auf die von RIEHL und SCHÖN[1]) aufgebauten Modellvorstellungen eingehen. Schon MÖGLICH und SCHÖN[2]) wiesen darauf hin, daß auf Grund der heutigen Vorstellungen vom energetischen Aufbau der Kristalle die Energiewanderung als solche prinzipiell keineswegs als unverständlich angesehen werden kann. Das Problem liegt vielmehr darin, klarzustellen, warum die fortgeleitete Energie an ganz bestimmte Stellen des Gitters wandert und warum sie gerade dort zur Wirkung gelangt.

RIEHL und SCHÖN gehen bei ihren Betrachtungen von der Elektronentheorie der Kristalle[3]) aus. Wir wollen daher zunächst die sich aus der Elektronentheorie der Kristalle ergebenden, für unsere Fragestellung wichtigen Tatsachen kurz zusammenfassen, und zwar wollen wir zunächst das optische Verhalten eines idealen Kristalls streifen und sodann die Abänderungen erörtern, die dieses Verhalten durch die Anwesenheit von Störstellen erfährt, welche bekanntlich den Anlaß zur Lumineszenzfähigkeit geben.

Bei einem idealen Kristall findet man beim geradlinigen Fortschreiten innerhalb desselben eine strenge räumliche Periodizität der Atome und des

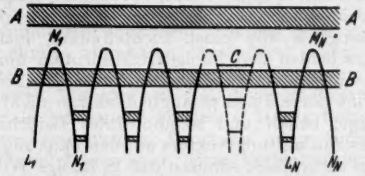

Fig. 1. Energiemodell eines Kristalles mit Störstelle (lineares Schema). *A* unterstes unbesetztes (Leitfähigkeits-) Band, *B* oberstes besetztes Band.

elektrischen Potentials. Jeder Term eines zum Gitter gehörigen Atoms wird infolge der Wechselwirkung mit allen am Kristall beteiligten n-Atomen in 2 n-Terme aufgespalten. Diese 2 n-Terme liegen so dicht nebeneinander, daß man es praktisch mit einer kontinuierlichen Aufeinanderfolge von Termen zu tun hat. Es entstehen also breite Bänder von erlaubten Zuständen. Die hoch gelegenen Terme werden hierbei in breitere Bänder aufgespalten als die tiefer gelegenen. Die Breite des Bandes ist ein Maß für die Wechselwirkung mit den benachbarten Atomen. Dementsprechend kann man die Elektronen, die in breiten Energiebändern liegen, nicht mehr als einem einzigen Atom zugehörig betrachten, sie müssen vielmehr als zu dem gesamten Kristall zugehörig angesehen werden. — Der Kristall teilt sich somit in Zonen von erlaubten und verbotenen Energiebereichen auf. In Fig. 1 sind die erlaubten Zonen schraffiert dargestellt, die

[1]) Vgl. Fußnote 2 auf S. 601, rechte Spalte.

[1]) Z. Physik. **114**, 682 (1939).

[2]) Naturwiss. **26**, 199 (1938).

[3]) Vgl. hierzu z. B. A. SOMMERFELDT u. H. BETHE, Handbuch der Physik **24**, 2, 333ff. Berlin 1933, sowie H. FRÖHLICH, Elektronentheorie der Metalle. Berlin 1936.

unerlaubten weiß geblieben. Die Kurven L_1, M_1, N_1 bis L_n, M_n, N_n stellen den Potentialverlauf zwischen den Atomen dar. In dem uns interessierenden Fall eines Isolators ist das oberste Elektronen enthaltende Band (Band B in Fig. 1) durch 2 n-Elektronen besetzt („voll besetzt"). Wichtig für das Weitere ist noch der folgende Umstand: Jedem der 2 n-Terme, die zu einem Band gehören, ist ein sog. reduzierter Ausbreitungsvektor zugeordnet. Bei optischen Übergängen muß dieser Vektor nach Richtung und Größe unverändert bleiben[1]). Also kann ein Elektron von einem Band zum anderen nur dann übergehen, wenn der Übergang von einem Term des einen Bandes zu einem *ganz bestimmten* Term des anderen Bandes stattfindet, und zwar zu dem Term, der denselben Ausbreitungsvektor hat wie der Term, aus dem das Elektron kommt. — Es läßt sich zeigen, daß bei einem idealen Kristall der eben gekennzeichneten Art ein Auftreten der Lumineszenz nicht zu erwarten ist. Denn wenn ein Elektron durch Absorption aus dem besetzten Band B in ein darüberliegendes unbesetztes Band A (Leitfähigkeitsband) gelangt, so kann man sich entweder vorstellen, daß es sofort wieder zurückfällt, wobei eine Resonanzfluoreszenz auftreten würde, die phänomenologisch von einer Lichtstreuung nicht zu unterscheiden und infolge Reabsorption nur sehr lichtschwach wäre; wahrscheinlicher ist aber, daß das ins obere Band gelangte Elektron nicht seine Energie behält und sodann unter Beibehaltung seines Ausbreitungsvektors auf den ursprünglichen Term zurückfällt, sondern daß es infolge Wechselwirkung mit dem Gitter unter Abgabe eines Teiles seiner Energie an den unteren Rand des oberen Bandes diffundiert. Denn das obere Band ist ja unbesetzt, und es bestehen für das Elektron keine Hindernisse, von einem Term zum anderen herunterfallend, an den unteren Rand des Bandes zu gelangen. Entsprechend rückt auch das im besetzten Bande übriggebliebene Loch an den oberen Rand dieses Bandes. Nunmehr kann aber ein Zurückfallen des Elektrons in das untere Band unter Lichtemission nicht mehr stattfinden, denn der Ausbreitungsvektor des Terms, auf dem das Elektron jetzt sitzt, stimmt nicht mehr mit dem Ausbreitungsvektor des Terms überein, in dem sich das Loch befindet. Bleibt das Elektron im oberen Band, so wird es über kurz oder lang unter Abgabe seiner Energie in Form von Wärme, d. h. also ohne Aussendung einer Strahlung, in das untere Band zurückkehren[2]). Wir sehen somit, daß bei einem Idealkristall eine Lumineszenz nicht auftreten kann.

Die Kristallphosphore gewinnen ihre Lumineszenzfähigkeit durch eine Aktivierung, d. h. durch Einbau geeigneter Fremdatome, so daß man die Lumineszenz mit diesen eingebauten Atomen in Verbindung bringen muß. Die Fremdatome werden ihre Terme, abgesehen von energetischen Verschiebungen und Aufspaltungen infolge der Kristallfelder, als solche beibehalten. Denn für sie werden die resonanzartigen Wechselwirkungen infolge der Gitterperiodizität wegfallen, die zur Ausbildung der Energiebänder des Grundgitters führen. An den Störstellen werden also diskrete Terme auch innerhalb der verbotenen Zonen liegen können. Diese diskreten Terme sind für das Zustandekommen der Lumineszenzfähigkeit verantwortlich. Dies hängt im wesentlichen damit zusammen, daß die durch die Ausbreitungsvektoren bedingten Auswahlregeln, die bei einem Übergang von Band zu Band Geltung haben, bei Übergängen zwischen diskreten Termen und Bändern nicht mehr gelten, so daß Hemmungen für die optischen Übergänge zwischen diskreten Termen und Bändern nicht bestehen. Wir wollen nun den Einfluß eines solchen Terms (Term C in Fig. 1) betrachten. Es bestehen zwei Möglichkeiten, nämlich daß der betreffende Term, der als „Störterm" bezeichnet wird, im nicht angeregten Zustand besetzt ist oder daß er unbesetzt ist. Verschiedene Gründe, die hier nicht erörtert zu werden brauchen, sprechen dafür, daß es sich um einen besetzten Term handelt. Es wird ferner angenommen, daß der besetzte Störterm nur wenig oberhalb des besetzten Bandes liegt, so daß unmittelbar nach der Anregung (d. h. nach dem Übergang eines Elektrons aus dem Band B in das Band A) das Elektron aus dem Störterm in das Band B übergeht und dieses auffüllt. Diese letztere Annahme, die infolge ihrer Leistungsfähigkeit bei der Erklärung der Lumineszenzvorgänge sehr viel für sich hat, erscheint auf Grund der heutigen Kenntnis noch nicht begründbar und muß als Postulat hingenommen werden.

Für den Leuchtvorgang ergibt sich aus dem Obigen folgendes Bild: Nach der Absorption eines Lichtquants im Grundgitter des Kristallphosphors wird ein Elektron in das Leitfähigkeitsband gehoben, wo es, wie wir annehmen müssen, in einer gegen die Verweilzeit im oberen Band kleinen Zeit an den unteren Rand diffundiert. Das Loch im unteren Band wird entweder sofort oder nach der Diffusion an den oberen Rand des Bandes aus einem Störterm aufgefüllt. Die Strahlungsemission findet beim Übergang des Elektrons aus dem Leitfähigkeitsband in den frei gewordenen Störterm statt.

Diese hier nur in aller Kürze skizzierte Vorstellung hat eine weitgehende Erklärung sehr vieler auf dem Gebiet der Lumineszenz liegenden Phänomene möglich gemacht. Die uns hier interessierende Energiewanderung erklärt sich aus dieser Vorstellung vollkommen zwanglos, denn das an irgendeiner Stelle aus dem besetzten Band B durch den Absorptionsakt herausgelöste Elektron gelangt ja gemäß diesem Modell ins Leitfähigkeitsband A. Innerhalb dieses unbesetzten Leitfähigkeitsbandes kann es nun an die Störstelle wandern

[1]) Diese Auswahlregel besagt, daß bei einem optischen Übergang der Impulsaustausch der Elektronen mit dem Gitter so groß ist, daß der Ausbreitungsvektor gerade konstant bleibt. Der Ausbreitungsvektor hängt mit dem Impuls der Elektronen zusammen.

[2]) Vgl. hierzu Näheres bei RIEHL u. SCHÖN, l. c.

und dort auf den unbesetzt gewordenen Störterm herunterfallen. So erklärt sich also sowohl die Tatsache der Energiewanderung als solche als auch der Umstand, daß die Energie nicht irgendwohin, sondern gerade zu der Störstelle wandert und dort den Emissionsvorgang verursacht.

Bei den Energiewanderungserscheinungen auf anderen Gebieten, wie bei Genen, Chlorophyllkomplexen und polymerisierten Farbstoffen, sind die Verhältnisse naturgemäß sehr viel unübersichtlicher. Doch in einem wesentlichen Punkt dürfte eine Ähnlichkeit mit dem eben skizzierten Modell der Phosphore bestehen. Denn auch bei den organischen Molekülkomplexen hat man es mit einer großen Folge periodisch aufeinanderfolgender Atome zu tun, wobei diese Periodizität an bestimmten Stellen unterbrochen wird. Solche Unterbrechungen der Periodizität wären somit den „Störstellen" gleichzusetzen. Man kann also erwarten, daß die an den Phosphoren entwickelten Vorstellungen in ihren Grundzügen auch für die Erklärung der Energiewanderung bei den anderen hier beschriebenen Systemen herangezogen werden können[1]).

[1]) Wegen einiger weiteren Hinweise auf Ähnlichkeiten der energetischen Struktur von Kristallen mit der der Riesenmoleküle sei auf die Mitteilung von P. JORDAN in Naturwiss. **26**, 693 (1938) verwiesen.

Die Jahresringe der Bäume als Mittel zur Feststellung der Niederschlagsverhältnisse in der Vergangenheit, insbesondere in Deutsch-Südwestafrika.

Von HEINRICH WALTER, Stuttgart.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß die jährlich gebildete Holzmasse bei den Bäumen der gemäßigten Klimazone einen auf dem Stammquerschnitt deutlich erkennbaren Jahresring bildet. Das Alter eines gefällten Baumes läßt sich deshalb leicht feststellen, wenn man die Zahl der Jahresringe auf dem Baumstumpf bestimmt.

Bei näherer Betrachtung der einzelnen Jahresringe wird man dabei leicht die Beobachtung machen, daß ihre Breite durchaus nicht gleich ist: Oft folgen auf eine Reihe breiter Jahresringe ganz schmale; zuweilen ist der Übergang von den einen zu den anderen ein allmählicher, zuweilen ein ganz plötzlicher. Wie lassen sich diese Schwankungen des Holzzuwachses erklären, und auf die Einwirkung welcher Faktoren sind sie zurückzuführen?

Der Jahreszuwachs des Holzes und damit auch die Breite eines Jahresringes wird durch verschiedene Faktoren beeinflußt. Unter diesen wären zu nennen: 1. die Temperatur- und die Wasserverhältnisse, die direkt oder indirekt eine Wirkung auf das Wachstum ausüben, 2. die Lichtverhältnisse, die für die Neubildung der organischen Substanz, aus der das Holz besteht, von größter Bedeutung sind, und 3. alle den Baum stark schädigenden Faktoren, wie z. B. Wind- oder Schneebruch, tierische oder pflanzliche Schädlinge usw. Daß diese Faktoren die Jahresringbreite verändern, geht schon daraus hervor, daß z. B. gleich alte Stämme einer und derselben Baumart in einem warmen Klima oder an feuchten Standorten einen viel größeren Durchmesser besitzen als in einem kalten Klima oder an exponierten trockenen Standorten. Ebenso bleibt ein in dichtem Bestand stehender unterdrückter Baum unter schlechten Lichtverhältnissen gegenüber den licht stehenden Altersgenossen stark zurück. Aus dem Stammdurchmesser eines Baumes kann man deshalb ohne genaue Kenntnis der Standortsfaktoren keine Rückschlüsse in bezug auf das Alter des Baumes ziehen.

Da aber die genannten Faktoren an einem und demselben Standort von Jahr zu Jahr großen Schwankungen unterworfen sind, so müssen sie den Holzzuwachs der einzelnen Jahre in verschiedener Weise beeinflussen und damit auch die Schwankungen in der Jahresringbreite bedingen.

Im einzelnen ist es in unserem Gebiet nicht leicht, die in den vergangenen Jahrzehnten oder Jahrhunderten gebildeten und auf dem Stammquerschnitt ablesbaren besonders engen oder breiten Jahresringe auf die Einwirkung eines bestimmten klimatischen Faktors zurückzuführen. Schmale Jahresringe können z. B. die Folge von kalten, sonnenarmen Sommern, aber auch von trockenen Jahren sein. Eine Verbreiterung wird bewirkt durch besonders günstige Niederschlagsverhältnisse sowie durch plötzliche Lichtstellung, wie sie bei uns künstlich bei Durchforstungen verursacht wird oder im Urwald durch den Sturz eines Baumriesen eintreten kann.

Anders liegen die Verhältnisse in den Gebieten, wo der Wald seine natürliche klimatische Grenze erreicht. Im feuchten Hochgebirge oder an der arktischen Waldgrenze können die Bäume praktisch wohl niemals unter Wassermangel leiden, und der Holzzuwachs wird daher am schärfsten auf die von Jahr zu Jahr sich ändernden Temperaturverhältnisse, vor allen Dingen auf die Schwankungen in der Länge der Vegetationszeit, reagieren. An der Trockengrenze des Waldes gegen die Steppengebiete oder die Halbwüsten zu werden im Gegensatz dazu die Temperaturverhältnisse wohl kaum jemals ein den Holzzuwachs begrenzender Faktor sein. Hier ist eine sehr viel engere Korrelation zwischen den jeweiligen Niederschlagshöhen und den entsprechenden Jahresringbreiten zu erwarten. In beiden genannten Fällen dürfte der Lichtfaktor völlig auszuschalten sein. Denn der Waldbestand ist in der Nähe der natürlichen Baumgrenze stets so stark gelichtet, daß eine gegenseitige Beschattung der Bäume kaum in Frage kommt.

Der Einfluß der Niederschläge auf den Holzzuwachs an der Trockengrenze des Waldes muß um so größer sein, als bekanntlich die Schwan-

kungen der jährlichen Regenmengen mit abnehmender absoluter Höhe zunehmen, d. h. in Trockengebieten sich ganz besonders spürbar machen. Das wissen am besten die Siedler in allen ariden Teilen der Erde, die immer wieder von periodisch sich wiederholenden Dürrejahren heimgesucht werden und oft ihre mühsam errungene Existenz durch die Unbilden des Klimas vernichtet sehen. Sie sind deshalb besonders daran interessiert zu wissen, ob sich diese Dürrejahre mit einer bestimmten Regelmäßigkeit wiederholen und wie oft man in einem Jahrhundert mit ihnen zu rechnen hat. Da aber genaue meteorologische Aufzeichnungen in diesen Gebieten stets nur wenige Jahrzehnte zurückreichen, so können wir aus ihnen keinen Aufschluß erhalten. Es lag deshalb nahe, die Jahresringbreiten, die sich bei den Bäumen oft mehrere Jahrhunderte, bei den Mammutbäumen Kaliforniens sogar mehrere Jahrtausende zurückverfolgen lassen, zur Feststellung der klimatischen Verhältnisse der Vergangenheit mit heranzuziehen, um daraus evtl. auch eine Prognose für die Zukunft stellen zu können. Diesen Weg haben in Nordamerika DOUGLASS und HUNTINGTON beschritten. Die Erfolge der Amerikaner veranlaßten Verf., ähnliche Untersuchungen auch für Deutsch-Südwestafrika durchführen zu lassen, hatte doch die Farmwirtschaft gerade dieses Landes in den letzten Jahrzehnten mehrmals unter Dürrekatastrophen zu leiden.

Bevor wir aber auf die in bezug auf Südwest erhaltenen Ergebnisse eingehen, müssen wir uns die Frage vorlegen, inwieweit in ariden Gebieten, zu denen auch Südwestafrika zweifelsohne gehört, Rückschlüsse aus der Jahresringbreite eines Baumes auf die Niederschlagshöhe des betreffenden Jahres zulässig sind.

Eine Antwort darauf gibt uns die vor kurzem erschienene, sehr eingehende Untersuchung von ERNST ANTEVS, die im Trockengebiet des nö. Teiles von Kalifornien, des sw. Teiles von Oregon und des w. Teiles von Nevada durchgeführt wurde[1]). Die Regenaufzeichnungen aus diesen Gebieten beginnen etwa um 1880—1890 herum. Zieht man die Daten für die bereits westlich von der Sierra Nevada gelegenen Regenmeßstationen San Franszisco, Sacramento und Red Bluff mit heran, so kann man sie bis 1850 zurückverfolgen. Ab 1840 liegen auch einzelne Angaben der ersten Pioniere über besonders trockene Jahre, Hochfluten oder Seespiegelschwankungen vor, die der Verf. sorgfältig gesammelt hat, um auch auf diese Weise Anhaltspunkte für die Niederschlagsverhältnisse zu erhalten. Die Jahresringmessungen wurden an 27 Stammquerschnitten der an der unteren Baumgrenze gegen die Wüste hin wachsenden Kiefer (*Pinus ponderosa*) durchgeführt und kurvenmäßig dargestellt. Diese Baumkurven wurden, ebenso wie die Klimakurven, zweimal geglättet. Sie reichen bis in die Mitte des 15. Jahrhunderts zurück.

Vergleicht man die erhaltenen Baumkurven mit den Regenkurven der betreffenden Gebiete, so muß man sich von vornherein darüber im klaren sein, daß eine vollständige Parallelität nicht zu erwarten ist. Die Bäume sind keine Regenmesser. Sie reagieren in ihrem Wachstum nicht nur auf die jährliche Niederschlagshöhe, sondern auch auf die Regenverteilung. In dem in Frage kommenden Gebiet fallen die Niederschläge meist als Winterniederschläge in Form von Schnee. Für das Baumwachstum ist jedoch der Schneefall im Winter von geringerer Bedeutung als der Regen während der Vegetationszeit. Besonders ungünstig können sich Dürreperioden im Frühjahr in sonst vielleicht sogar recht niederschlagsreichen Jahren auswirken. Für den Baum ist außerdem nur das in den Boden eindringende Wasser von Nutzen, während das oberflächlich abfließende Wasser gänzlich ohne Einfluß auf den Holzzuwachs bleibt. Zwischen Regenmenge und Abflußmenge besteht aber keinerlei feste Beziehung, weil letztere sehr stark von der Regendichte abhängt. Dazu kommt, daß die Regenmeßstationen meistens in ziemlicher Entfernung von den Standorten der geschlagenen Bäume liegen, was namentlich in gebirgigen Gegenden zu großen Fehlern führen kann. Die für das Wachstum eines Baumes ausschlaggebenden Hydraturverhältnisse[1]) werden schließlich auch durch andere Faktoren mitbedingt, die den Wasserhaushalt der Pflanzen beeinflussen, wie Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Bewölkung, Wind usw. Einzelne besonders schmale Jahresringe können auch durch plötzlich starkes Auftreten gewisser Schädlinge, unter denen bestimmte Insekten (Raupenfraß, Borkenkäfer, Minierer usw.) zu nennen sind, zustande kommen.

Inwieweit trotz aller dieser Fehlerquellen überhaupt noch ein Rückschluß von Baumkurven aus auf die Niederschlagsverhältnisse zulässig ist, kann erst ein sorgfältiger Vergleich der Jahresringbreiten mit den entsprechenden Regenmessungen ergeben. Das Resultat wird um so eindeutiger sein, je länger der Zeitraum ist, für den Baum- und Regenkurven vorliegen. In dieser Beziehung sind die Verhältnisse im Great Basin sehr günstig, denn hier stehen die Werte fast eines ganzen Jahrhunderts zur Verfügung. Die obengenannte Veröffentlichung ist deshalb für unsere Fragestellung von größter Bedeutung.

Auf Grund seiner vergleichenden Untersuchungen der Baum- und Regenkurven kommt ANTEVS zu folgenden Schlüssen:

1. Gruppen von besonders breiten oder engen Jahresringen entsprechen in 90% der Fälle aus-

[1]) ANTEVS, ERNST, **Rainfall and tree growth in the Great Basin.** American Geographical Society, special publication No 21. Carnegie Institution of Washington, publication No 469; 1938, 97 S. mit 7 Abb. und 2 Tafeln. 18 cm × 25 cm.

[1]) Unter der Hydratur versteht man den Wasserzustand, als dessen Maß bei den Pflanzen der osmotische Wert des Zellsaftes dient.

gesprochenen Maxima oder Minima der Jahresniederschläge.

2. Benutzt man die Breite der Jahresringe als direktes Maß für die Höhe der Niederschläge, so erreicht man eine Übereinstimmung von 75%, sofern man nur die Niederschläge während der Vegetationszeit berücksichtigt. Den Gesamtjahresniederschlägen dagegen entsprechen die Jahresringbreiten nur in etwa der Hälfte aller Fälle. Die Übereinstimmung ist also in letzterem Falle gering. Allerdings muß man dabei bedenken, daß es sich beim Great Basin um ein Gebiet mit vorwiegenden Winterniederschlägen handelt. In Südwestafrika mit seinen Sommerregen darf man wohl eine bessere Übereinstimmung zwischen Jahresringbreite und Jahresniederschlag erwarten, da ja alle Niederschläge in die Vegetationszeit fallen.

Von einer bestimmten gesetzmäßigen Periodizität im Auftreten der Maxima oder Minima bei den Baumkurven kann man nach ANTEVS nur schwer sprechen, denn die Länge der Perioden schwankt bei den Maxima zwischen 6—17 Jahren und bei den Minima zwischen 5—21 Jahren. Auch zu den Sonnenfleckenperioden lassen sich keine deutlichen Beziehungen feststellen[1]).

Zusammenfassend dürfen wir somit sagen: Die allgemeine Übereinstimmung zwischen Baumkurve und Niederschlagskurve ist unter Berücksichtigung der vielen möglichen Fehlerquellen eine überraschend gute. Wir sind durchaus berechtigt, auf Grund einer Baumkurve Rückschlüsse in bezug auf die allgemeinen Niederschlagsverhältnisse in dem entsprechenden Gebiet und für den ent-

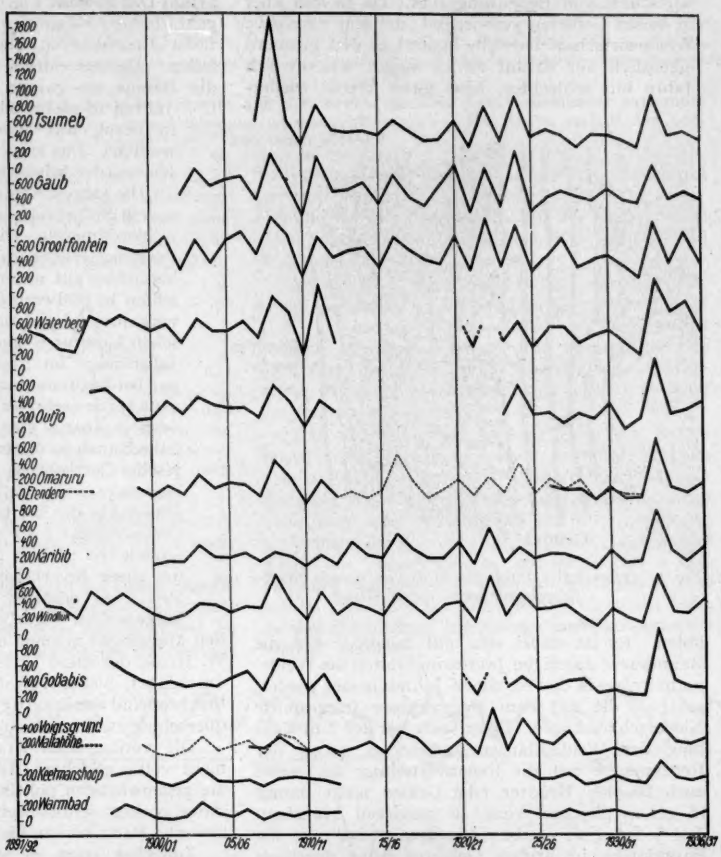

Fig. 1. Niederschlagskurven für verschiedene Stationen Südwestafrikas im Norden und Süden des Landes. Die Maxima und Minima fallen mit ganz wenigen Ausnahmen zusammen. Sie erscheinen bei den Kurven der südlichen Stationen infolge der absolut geringen Regenmenge weniger ausgeprägt, obgleich die Schwankungen relativ stärker sind.

[1]) Inwieweit die Sonnenfleckenperiode für die Niederschlagsverhältnisse in Afrika Gültigkeit hat, steht noch nicht fest. Eine Zusammenstellung der diesbezüglichen Arbeiten findet man in „Science in Africa" (Oxford 1938). Eine Übereinstimmung besteht zwischen den Seespiegelschwankungen der großen zentralafrikanischen Seen und der Sonnenfleckenperiode. Diese Übereinstimmung ist sogar besser als bei der Niederschlagskurve. Trotzdem könnte es sich selbst in diesem Falle um einen Zufall handeln, da sich in der letzten Zeit deutliche Abweichungen bemerkbar machen. Während der Korrelationskoeffizient für die Jahre 1896—1922 0,83 beträgt, ist er für die Jahre 1923—1934 nur 0,06. Im Mittel erhält man für die gesamte fast 40jährige Periode einen Koeffizienten gleich 0,6, d. h. die Korrelation ist praktisch kaum von Bedeutung. In Dakar soll die Niederschlagskurve mit derjenigen der Sonnenflecken gut übereinstimmen. In Südafrika dagegen trifft das durchaus nicht zu. Daraus ersieht man erneut, wie ungeklärt diese Frage noch immer ist.

sprechenden Zeitraum zu ziehen, wenn auch einzelne Abweichungen immer möglich sind und wir nicht die Baumkurve einfach als mit der Niederschlagskurve identisch betrachten dürfen. Eigentlich interessiert die Siedler in den Trockengebieten auch nicht direkt die Regenkurve; sie wollen vielmehr über die Niederschlagsverhältnisse nur insoweit Auskunft erhalten, als diese für die Farmwirtschaft von Bedeutung sind. Da es sich aber in diesen Gebieten vorwiegend um eine extensive Weidewirtschaft handelt, kommt es den Farmern eigentlich nur darauf an zu wissen, wie oft sich Jahre mit schlechter, bzw. guter Weide wiederholen. Es ist dabei sehr gut möglich, daß die Baumkurve durch die Jahresringbreiten die Weideverhältnisse in den einzelnen Jahren besser wiedergibt als die mit dem Regenmesser festgestellte Niederschlagskurve. Denn auch bei der Entwicklung der Weidepflanzen kommt es neben der Regenmenge auf die Regenverteilung an, wenn auch Bäume, Kräuter oder Gräser nicht immer in genau gleicher Weise zu reagieren brauchen. Auf jeden Fall ergibt sich daraus, daß uns die Baumkurve in ariden Gebieten eine durchaus brauchbare Handhabe zur Beurteilung der die Farmwirtschaft interessierenden Niederschlagsverhältnisse in der Vergangenheit bietet. Eine andere Möglichkeit besteht meistens nicht, weil Regenmessungen nur selten mehr als 30—40 Jahre zurückreichen. Das trifft z. B. für Deutsch-Südwestafrika zu.

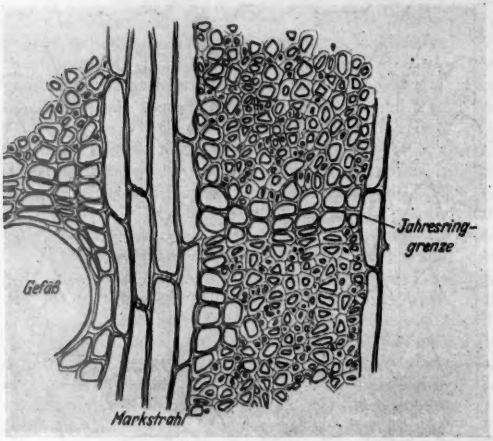

Fig. 2. Querschnitt durch das Holz von *Acacia giraffae* mit Jahresringgrenze (nach Huss).

Dieses Land erstreckt sich zu beiden Seiten des Wendekreises und nimmt den trockensten Teil von Südafrika ein. Die Jahresniederschläge nehmen von Süden nach Norden und von Westen nach Osten an Höhe zu und fallen überall vorwiegend als Sommerregen. Die Niederschlagsschwankungen sind von Jahr zu Jahr sehr groß. Während in den feuchtesten Jahren das Drei- bis Vierfache der durchschnittlichen Regenmenge erreicht wird, beträgt in den trockensten Jahren der Niederschlag oft nur ein Fünftel bis ein Sechstel des Mittels. Obwohl das Land an Fläche etwa Großdeutschland entspricht, vollziehen sich die Schwankungen der Jahresregenhöhe im ganzen Lande sehr gleichartig. Das beweist Fig. 1, aus der deutlich hervorgeht, daß die Maxima und Minima der nichtgeglätteten Regenkurven überall auf dieselben Jahre fallen. Daraus dürfen wir schließen, daß auch die Bäume im ganzen Lande in den einzelnen Jahren in mehr oder weniger gleicher Weise in bezug auf den Holzzuwachs reagieren werden[1]. Das erleichtert die Auswertung von Kurven der Jahresringbreiten außerordentlich.

Die Jahresringmessungen dagegen gestalten sich in Südwestafrika sehr viel schwieriger als in Nordamerika. Die von den amerikanischen Forschern verwendeten Nadelhölzer mit ihren besonders gut unterscheidbaren Jahresringen fehlen in Südwestafrika ganz. Von den dort vorkommenden Laubhölzern sind viele tropischen Ursprungs und zeigen überhaupt keine Jahresringe im Stammholz. Solche konnten nur bei Leguminosenbäumen, vor allen Dingen auch bei den sehr verbreiteten Akazien (Kameldorn = *Acacia giraffae*) festgestellt werden, jedoch auch in diesem Falle nur bei mikroskopischer Betrachtung der sorgfältig geglätteten Stammquerschnittsfläche im Auflicht. Zudem schwankte die Breite der Jahresringe auf dem Gesamtumkreis so stark, daß sie an 10 verschiedenen Stellen gemessen werden mußte, um einen zuverlässigen Wert für die mittlere Breite zu erhalten. Die notwendigen sehr langwierigen Vorarbeiten und die zeitraubenden Messungen machen es verständlich, daß Herr W. Huss, der diese Untersuchungen in Stuttgart durchführt, bisher von den von mir 1935 mitgebrachten und von ihm 1937/38 gesammelten Stammquerschnitten nur einen Teil auswerten konnte.

Die vorliegenden Ergebnisse erscheinen noch nicht völlig gesichert. Da aber die Arbeit durch die gegenwärtigen politischen Ereignisse vorläufig unterbrochen werden mußte, seien einige charakteristische Baumkurven hier angeführt.

Zunächst zeigt es sich, daß ein deutlicher Unterschied zwischen Frühjahrs- und Herbstholz bei den südwestafrikanischen Bäumen nicht vorhanden ist. Die Jahresringgrenzen werden vielmehr nur durch eine sehr schmale, bei Lupenvergrößerung gerade wahrnehmbare helle Binde gekennzeichnet. Auf dünnen Holzschnitten erkennt man unter dem Mikroskop, daß es sich dabei

[1]) Nicht klimatisch bedingte Störungen des Holzzuwachses können in einzelnen Jahren durch Grasbrände und Heuschreckenfraß bedingt werden. Diese Fehlerquelle läßt sich durch die Untersuchung möglichst zahlreicher Stämme aus verschiedenen Gegenden ausschalten.

um 1—3 Schichten von Kristallkammerfasern handelt (Fig. 2). Daß sie tatsächlich den Jahresringgrenzen entsprechen, kann man auf folgende Weise zeigen:

1. Geht man von den Zweigspitzen der *Acacia giraffae* aus und zählt nach jeder Jahrestriebgrenze die durch die Binden gekennzeichneten Jahresringe ab, so kann man feststellen, daß ihre Zahl jeweils um eine zunimmt. Zuweilen allerdings steigt ihre Zahl gleich um zwei an. Das wird aber durch die Beobachtung verständlich, daß nicht alle Zweige eines Baumes jedes Jahr austreiben.

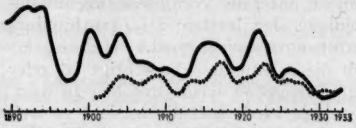

Fig 4. Regenkurve von Karibib (punktiert) und Mittelkurve (ausgezogen) der Jahresringbreiten von 4 Baumstämmen aus derselben Gegend. Beide Kurven sind, um den Vergleich zu erleichtern, geglättet (nach Huss).

Der Altersunterschied bei aufeinanderfolgenden Jahrestrieben kann also auch mehr als 1 Jahr betragen.

2. Führt man die Messungen bei einem Stamm an zwei nicht zu weit voneinander entfernten Querschnitten aus, so sieht man, daß nicht nur die Zahl der auf diese Weise bestimmten Jahresringe genau übereinstimmt, sondern daß auch die jeweiligen Breiten unverändert bleiben (Fig. 3). Dieses Verhalten ist bei gewöhnlichen Parenchymbändern, wie wir sie häufig bei tropischen Bäumen finden, undenkbar.

Zugleich geht aus Fig. 3 auch hervor, daß das Mittel von 10 gleichmäßig über den Umkreis ver-

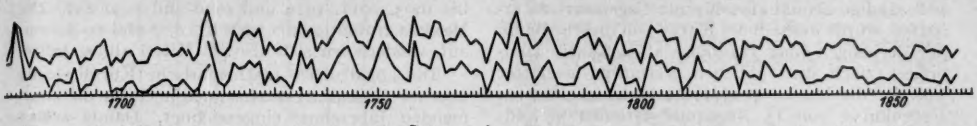

Fig. 3. Zwei Kurven von ein und demselben Stamm aus Karakuwisa an zwei 7 cm voneinander entfernten Stammquerschnitten ausgemessen. Die Übereinstimmung ist eine vollkommene. Die Kurve umfaßt den Zeitraum 1677—1863 (nach Huss).

teilten Messungen der Jahresringbreite, ungeachtet der sehr exzentrischen Wuchsweise der Akazienstämme, ein sehr genaues Maß für den Holzzuwachs eines Jahres ergibt. Denn die beiden Kurven sind praktisch identisch.

Allerdings kommt es vor, daß man bei sehr engen Jahresringen die Abgrenzung nicht immer ganz genau vornehmen kann, indem einzelne Jahresringgrenzen streckenweise zusammenlaufen oder sich verdoppeln. Fehler in der Altersbestimmung von einigen Jahren müssen deshalb in Kauf genommen werden.

Daß die Übereinstimmung zwischen Baumkurve und Regenkurve auch in Südwestafrika eine im allgemeinen gute ist, zeigt Fig. 4. Leider erstrecken sich die Regenmessungen in Südwest über einen sehr viel kürzeren Zeitraum als in den Trockengebieten von Nordamerika. Auch das Alter der Akazienbäume ist kein sehr hohes. Stämme, die über 120 Jahre alt sind, findet man selten. Zudem sind alte Stämme meistens hohl, so daß die inneren Jahresringe nicht ausgemessen werden können.

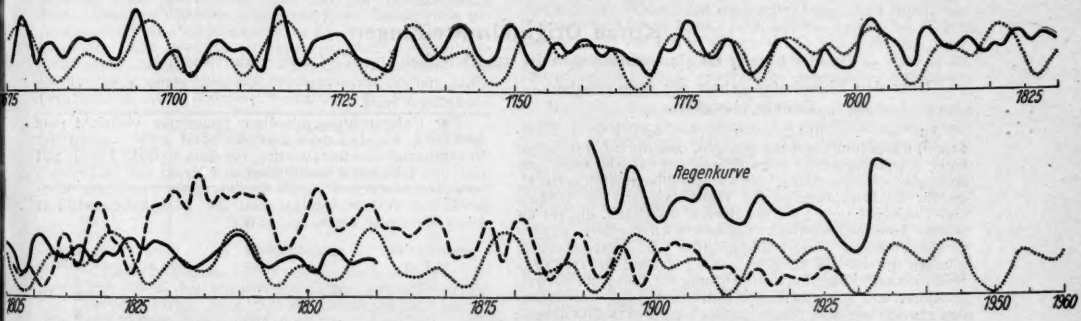

Fig. 5. Kurven der Periodizität von Regen- und Trockenjahren auf Grund von Jahresringmessungen an Baumstämmen aus Deutsch-Südwestafrika (nach Untersuchungen von W. Huss). Ausgezogene Kurve von 1675 bis 1860: Jahresringbreiten eines Chiwibaumes (Copaifera coleosperma) aus Karakuwisa. Gestrichelte Kurve von 1807 bis 1928: Jahresringbreiten einer Giraffenakazie (Acacia giraffae) aus Sanukanu. Punktierte Linie: mathematisch berechnete Sinuskurve mit Perioden von 9,53 und 20,25 Jahren (diese Kurve ist zwischen 1746 und 1765 um 2 Jahre nach links, zwischen 1783 und 1797 um $2^1/_2$ Jahre nach links und zwischen 1798 und 1826 um $1^1/_2$ Jahre nach rechts verschoben). Ausgezogene Kurve von 1890 bis 1935: mittlere Regenkurve von 15 Stationen aus Südwestafrika (nach Angaben der Meteorologischen Station Windhuk).

Der interessanteste, bisher durchgemessene Stamm einer *Copaifera coleosperma* aus Karakuwisa im Nordosten des Landes war 250 Jahre alt und reichte bis zum Jahre 1677 zurück. Leider waren die letzten Jahresringe von 1863 ab so undeutlich und verwittert, daß sie zwar abgezählt, aber nicht ausgemessen werden konnten. Um eine vollständige Baumkurve bis zur Gegenwart zu erhalten, wurde deshalb die Kurve von diesem Baum mit derjenigen einer 127 Jahre alten Akazie kombiniert, nach dem üblichen Verfahren geglättet und für die letzten 40 Jahre mit der geglätteten Regenkurve von 15 Regenmeßstationen in Südwestafrika verglichen.

Fig. 5 zeigt das Ergebnis. Betrachtet man die Baumkurven, so erhält man den Eindruck, daß die Maxima der Kurven sich in bestimmten Perioden wiederholen. Allerdings sind diese Perioden doch so unregelmäßig, daß man sie nicht durch harmonische Analyse mathematisch zerlegen kann. Doch ersieht man aus dem Verlauf der Kurve, daß es sich um 2 Perioden handeln muß, eine kürzere und eine etwa doppelt so lange, die sich gegenseitig überlagern und zwischendurch teilweise aufheben oder verstärken. Im Mittel läßt sich die kürzere Periode zu 9,53 Jahren und die längere zu 20,25 Jahren berechnen. Konstruiert man eine mathematische Kurve aus 2 Sinuskurven mit diesen Perioden und zeichnet sie zusammen mit den Baumkurven ein (Fig. 5 punktiert), so läßt sich feststellen, daß im allgemeinen die Übereinstimmung eine so gute ist, wie man sie wohl kaum besser erwarten könnte. Nur an einigen in der Erläuterung genannten Stellen wurde die Übereinstimmung durch Korrekturen von $1^1/_2$—$2^1/_2$ Jahren verbessert.

Wir kommen also zu dem Ergebnis, daß in Südwestafrika die Jahre mit besonders gutem Holzzuwachs und somit wohl auch besonders hohen Niederschlägen sich rund alle 10 Jahre wiederholen und alle 20 Jahre besonders ausgesprochen sind. Dazwischen liegen dann stets Jahre mit schlechterem Holzzuwachs, also geringeren Niederschlägen. Die Regenmessungen der letzten 40 Jahre stimmen damit im allgemeinen überein. Besonders geringe Niederschläge wiesen in Windhuk die Jahre 1901 bis 1903, 1911, 1919 und 1930 und 1932 auf. Die Maxima traten jeweils nach 11, 8, 7 und 10 Jahren auf, wiederholen sich also im Mittel alle 9 Jahre.

Die konstruierte mathematische Kurve wurde über die Gegenwart hinaus auch noch für die kommenden Jahrzehnte eingezeichnet. Damit wollen wir uns nicht auf das Gebiet einer langjährigen Wettervoraussage hinauswagen. Denn dafür sind die Unterlagen nicht ausreichend, und es ist überhaupt fraglich, ob je eine mehr oder weniger sichere Voraussage auf Jahre hinaus möglich sein wird. Die fortgeführte Kurve soll nur einen Begriff geben, welche ungefähre Verteilung von Regen- bzw. Dürrejahren in Südwestafrika in Zukunft zu erwarten ist unter der Voraussetzung, daß das Klima demjenigen der letzten $2^1/_2$ Jahrhunderte auch weiterhin entsprechen wird.

Ob diese Annahme berechtigt ist oder nicht, darauf einzugehen würde uns hier zu weit führen. Es wurde ja wiederholt die Ansicht vertreten, daß Südwest eine fortschreitende Austrocknung erfährt, indem die Niederschläge geringer werden bzw. ihre Verteilung in den letzten Jahrzehnten sich geändert hat. Wir müssen uns darauf beschränken auf die Zusammenfassung des Verf.: „Die Farmwirtschaft in Deutsch-Südwestafrika. Ihre biologischen Grundlagen", Teil I „Das Klima" (Verlag: Paul Parey 1940), zu verweisen, wo diese Fragen, ebenso wie auch das Problem einer Beeinflussung des Klimas von Südwest in einem für die Farmer günstigen Sinne durch künstliche Maßnahmen ausführlich behandelt werden.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Über den Phosphatasegehalt der embryonalen Gewebeflüssigkeit.

Aus Gewebezüchtungsversuchen wurde von P. J. Gaillard[1]) die Schlußfolgerung gezogen, daß im Embryo neben einer morphologischen Entwicklung der Gewebe auch eine serologische Entwicklung der Gewebeflüssigkeiten auftritt, die für die Morphogenese von Bedeutung ist. Im Rahmen von Untersuchungen, die den Zweck verfolgten, die betreffenden Änderungen direkt chemisch nachzuweisen, wurden in embryonalen Gewebeflüssigkeiten Phosphatasebestimmungen mittels der King-Armstrong-Methode in Dekkers Modifikation[2]) ausgeführt (Einwirkung auf Dinatriumphenylphosphat und kolorimetrische Bestimmung des freiwerdenden Phenols mit dem Phenolreagens nach Folin-Ciocalteu; Bestimmungen in 100 oder 200cmm). Für die Erzeugung der embryonalen Gewebeflüssigkeit wurden Hühnerembyonen verschiedenen Alters in physiologischer Salzlösung gewaschen, mittels Filtrierpapiers getrocknet, zerschnitten und zentrifugiert; alle Manipulationen wurden unter ständiger Kühlung ausgeführt; die überstehende Flüssigkeit stellt die Gewebeflüssigkeit („Extrakt") dar.

Die Ergebnisse unserer Messungen sind in Fig. 1 wiedergegeben; im Laufe der Entwicklung tritt eine erhebliche Steigerung der Phosphatasewirkung auf, die in späteren Entwicklungsstufen und im postembryonalen Leben wieder rückgängig wird.

Zur Untersuchung, ob diese Steigerung vielleicht eine Änderung des Aktivierungsgrades statt einer solchen der Enzymmenge darstellt, wurden 100 cmm Extrakt jeweils mit 100 cmm gekochtem und filtriertem Extrakt von Embryonen verschiedenen Alters („Aktivatorlösungen") oder zur Kontrolle mit Wasser versetzt und die Phosphataseaktivität dieser Gemische bestimmt, z. B.:

cmm Extrakt 13 Tage	Aktivatorlösung 13 Tage	Aktivatorlösung 19 Tage	Phosphatasewirkung (King-Armstrong-Einheit)
100	—	—	$72{,}0 \times 10^{-3}$
100	100	—	$72{,}0 \times 10^{-3}$
100	—	100	$70{,}0 \times 10^{-3}$

Es ergab sich also, daß die Aktivitätsänderung der Phosphatase nicht der Wirkung eines Aktivators zugeschrieben werden darf, wobei allerdings zu bemerken ist, daß eine etwaige Aktivierung durch Ascorbinsäure oder andere thermolabile Aktivatoren bei Versuchen dieser Art nicht zutage tritt; der relative Ascorbinsäuregehalt des Hühnerembryos nimmt während der Entwicklung wenig zu[3]), so daß auch dieser Faktor die Aktivitätsänderung der Phosphatase wohl nicht veranlaßt.

Bekanntlich darf man Phosphataseaktivität und Phosphorylierungskapazität nicht gleichsetzen. Ein Zusammenhang scheint jedoch möglich; zu bemerken ist, daß nach NEEDHAM[4]) bis zum achten Tage keine Phosphorylierungen auftreten; gerade nach diesem Alter setzt die Steigerung

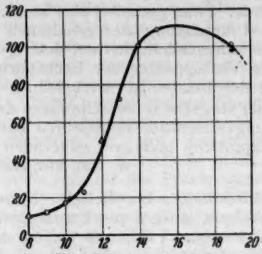

Fig. 1. Abszisse: Alter der Embryonen in Tagen. Ganz rechts erwachsene Hühner. Ordinate: King- und Armstrong-Einheiten in 100 cmm × 1000.
⊡ Mittelwerte von 11—20 Embryonen
△ „ „ 6—10 „
⊙ „ „ 2—5 „
• Einzelwerte.

der Phosphatasewirkung ein. Diese Zusammenhänge sowie ihre morphogenetische Bedeutung werden weiter untersucht.

Leiden, Laboratorium für medizinische Chemie und Laboratorium für Histologie, Abt. Gewebezüchtung, den 4. Juli 1940. W. F. H. M. MOMMAERTS.

[1]) P. J. GAILLARD, Protoplasma (Berl.) **23**, 2 (1935).
[2]) W. A. L. DEKKER, Handleiding voor het Klinisch-Chemisch Practicum. Leiden 1938.
[3]) S. N. RAY, Biochemie. J. **28**, 189 (1934).
[4]) J. NEEDHAM c. s., Biochemic. J. **31**, 1185, 1210, 1913 (1937).

Über Kurzwellenwirkung auf Gewebe.

Frühere Untersuchungen mit Kurzwellen von 3,5 m Wellenlänge ergaben bei Gewebekulturen von Hühnerfibroblasten neuartige Wirkungen, die bei sehr schwacher, langdauernder Bestrahlung auftraten und in gradweise gut abstufbaren Wachstumshemmungen bis zum Zelltod bestanden[1]). Eine Grundlage für die Erklärung dieser Wirkungen besaßen wir nur in der ebenfalls früher nachgewiesenen starken Inhomogenität des Kurzwellenfeldes bei Benutzung eines Kondensatorfeldes für die Bestrahlung[2]). Diese Annahme hat nun eine wesentliche Bestätigung gefunden durch eine Versuchsreihe, in der die Gewebekulturen langzeitig einer sehr schwachen, künstlichen, einseitigen Erwärmung ausgesetzt wurden[3]). Hierbei ergaben sich grundsätzlich *genau dieselben Erscheinungen*, wie sie unter dem Einfluß der Kurzwellen beobachtet worden sind:

Einseitige Temperaturerhöhung der Gewebekulturen	Kein Einfluß	Wachstumshemmung um 50%	Abtötung
	nach folgenden Stunden:		
2,4 °C	—	—	5,5
1,4 °C	—	—	24
0,9 °C	—	10	27
0,4 °C	24	48	67

Alle Versuche wurden bisher bei Zimmertemperatur vorgenommen, d. h. bei ungünstigen Lebensverhältnissen für die Gewebekulturen, denn bei Zimmertemperatur ist ihr Wachstum aufgehoben.

Frühere ähnliche Versuche mit *Bakterien* hatten ergeben, daß Kurzwellenwirkungen, die bei schlechten Lebensbedingungen vorhanden waren, bei günstigen Lebensbedingungen verschwanden.

Der gleiche mit Gewebekulturen obengenannter Art vorgenommene Versuch hat nun aber, im Gegensatz zu dem Verhalten der Bakterien im Kurzwellenfeld, unter besten Lebensbedingungen bei *Gewebekulturen* eine *verstärkte* Wirkung der Kurzwellen ergeben.

Damit ist ein weiterer Schritt für eine etwaige Ausnutzung der Erscheinung in der Praxis gewonnen worden.

Berlin, Allgemeines Institut gegen die Geschwulstkrankheiten im Rudolf Virchow-Krankenhaus, den 24. August 1940. ERWIN HASCHE.

[1]) Naturwiss. **26**, 493 (1938).
[2]) Naturwiss. **25**, 829 (1937).
[3]) Münch. med. Wschr. **1938**, 1387.

Der Lichtschutz in Gemischen von Salzlösungen.

Bestes natürliches Süßwasser bietet seinen Bewohnern durch seinen Elektrolytgehalt in kurzwelligem Licht einen sehr hohen physiologischen Lichtschutz. Da der kohlensaure Kalk den größten Anteil an den Süßwassersalzen hat, so fällt ihm in beträchtlichem Maße die genannte Schutzwirkung zu. Doch wird von reinen Kalklösungen äquivalenter Dichte der Schutz des natürlichen Wassers nicht erreicht (MERKER, Naturwiss. **1939**, 470; **1940**, 30). Auch die übrigen im Süßwasser vorhandenen Salze gewähren jedes für sich allein nicht entfernt den hohen Lichtschutz des natürlichen Wassers. Seine starke Schutzwirkung scheint auf dem Zusammenwirken seiner Salze zu beruhen. Aus leicht einzusehenden Gründen haben wir daher auch die RINGERsche Lösung (9 g NaCl, 0,42 g KCl, 0,24 g $CaCl_2$ und 0,3 g $NaHCO_3$ im Liter) geprüft und festgestellt, daß sie eine ungemein große Steigerung des Widerstandes von Süßwassertieren im kurzwelligen Licht hervorruft. Vermutlich wird dieser Widerstand im Meerwasser noch größer sein.

Für *Stichlinge*, die sowohl im Meerwasser als auch im Brackwasser und Süßwasser zu leben vermögen, steigt die Widerstandsfähigkeit bei Bestrahlung in RINGERscher Lösung um das 4—5fache dessen, was bestes natürliches Süßwasser zu bieten vermag. Diese große Ausdauer ist erstaunlich. Denn daß unsere durchschnittlich 2,5 cm langen Stichlinge eine Bestrahlungszeit von 15 und mehr Stunden unter einer Quarzlampe ertragen würden, die beim Menschen in der gleichen Entfernung nach einer Belichtung von 3 Minuten einen tüchtigen Sonnenbrand im Gesicht erzeugt, wurde vorher kaum für möglich gehalten. Auch die Teilung der Belichtungszeit in 2 Hälften mit dazwischen liegender Nachtruhe zeigte, daß die Fische in den ersten 10 Stunden nicht tödlich getroffen werden. Bei den *Bachflohkrebsen* läßt sich der Widerstand im kurzwelligen Licht durch eine RINGERsche Lösung (9 St.) noch auf das 2fache des Wertes steigern, der für gutes Süßwasser (4 St.) gefunden wird. Im Schatten lebten die Bachflohkrebse nur $1^1/_2$ Tage in der unverdünnten Lösung, während die verwendeten Süßwasserstichlinge 8 Tage darin aushielten.

Mit diesen Feststellungen wird abermals bewiesen, welche große Bedeutung den gesamten Körperkräften eines Tieres bei der Bestrahlung zukommt. Die Schwierigkeiten der Bewohner des salzarmen Süßwassers sind nunmehr zahlenmäßig erfaßbar. Es zeigt sich, wieviel sicherer das Leben im Salzwasser ist und wie beschwerlich das Wagnis war, in das Süßwasser vorzustoßen. Ferner muß es sich erweisen, wie die Vorstellungen der reinen physikalischen Kerntreffertheorie einer Strahlenwirkung mit diesen durchaus physiologischen Tatsachen vereinbar sind. Praktisch wichtig ist auch die Erkenntnis, daß bestes natürliches Süßwasser für Zuchtzwecke noch verbesserungsfähig ist.

Gießen und Lunz a. See, den 29. August 1940.
E. MERKER und FR. STAUDER.

Besprechungen.

KOLLER, SIEGFRIED, **Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen.** Dresden u. Leipzig: Th. Steinkopff 1940. VIII, 73 S. 6 Abbild. u. 15 Tafeln (4 Lichtdrucktafeln). 20 cm × 27 cm. Preis geb. RM. 10.—.

Da Verf. sowohl Statistiker wie Biologe ist, mag es erlaubt sein, dieses Buch vor allem vom Standpunkte des biologischen Statistikers zu besprechen, wiewohl es sich (wie die Beispiele lehren) an Statistiker jeden Faches wendet, z. B. auch an solche der Industrie, der Massenfabrikation usw. Die Bedeutung des Buches ist eine zweifache. Zunächst besteht sein Inhalt aus

13 *Nomogrammen* („Rechentafeln" genannt), mittels derer man *an Stelle* von Tabellen die gesuchten statistischen Größen berechnen kann. Die Nomogramme beziehen sich auf: Fehler einer a priori-Prozentzahl (Häufigkeit) und einer empirischen Prozentzahl; Fehler eines Mittelwertes, einer Differenz; Vergleich zweier Prozentzahlen bei gleichem oder verschiedenem Umfang der beiden Proben; Berechnung des P-Wertes aus einem χ^2; Bestehen einer Korrelation oder Regression, Unterschied zweier Korrelationskoeffizienten, Berechnung partieller Korrelationskoeffizienten; Vergleich zweier Streuungen (Varianzanalyse); Ordinaten und Flächenwerte der Normalkurve. In einigen Fällen ersetzt das Nomogramm lediglich eine bisher übliche Zahlentabelle, in anderen aber vermag dieses graphische Verfahren die Rechenarbeit wesentlich zu verkleinern, selbst für den, der über große Tabellenwerke verfügt, vorausgesetzt, daß er eine gewisse Minderung der Rechengenauigkeit in Kauf nimmt. Letztere entspricht bei Benutzung eines „guten" Lineals ungefähr der eines mittelgroßen Rechenschiebers.

Die Bedeutung dieses Buches liegt indes nach Ansicht des Ref. weit weniger darin, daß es an Stelle von Zahlentabellen Nomogramme bringt, als daß man erstmals im deutschen Schrifttum alle zur Ermittlung der wichtigsten statistischen Größen notwendigen Hilfsmittel in *einem* und noch dazu einem sehr handlichen Buche vereinigt findet. Daß das vorliegende Buch die Rechentafeln gerade in graphischer Form bringt, hat wohl auch darin seinen Grund, daß viele *Tabellen* durch Autor- und Verlagsrechte geschützt sind. Bringt doch z. B. der englische Statistiker FISHER aus diesem Grunde fast keine Tabelle PEARSONS und umgekehrt.

Die andere Bedeutung des Buches besteht darin, daß erstmals innerhalb des deutschen Schrifttums dem Unterschied in der statistischen Behandlung *kleiner* und *großer Proben* mit Nachdruck Rechnung getragen wird. Jeder Kenner biologischer Statistiken wird zugeben, daß in diesem Punkte infolge schematischer Benutzung althergebrachter Methoden viel und ernstlich gesündigt worden ist. Und gerade hier ist das graphische dem numerischen Verfahren überlegen, insbesondere dann, wenn wiederum eine gewisse Verminderung der Genauigkeit in Kauf genommen wird.

Im übrigen will das Buch kein Lehrbuch der Statistik sein und ist es auch nicht. Die kurze Einleitung, in der die Grundlagen der statistischen Methoden knapp erörtert werden, ist zwar sehr klar geschrieben, doch wird wohl meist nur der mit den Nomogrammen erfolgreich arbeiten können, der die einzelnen Methoden grundsätzlich bereits kennt und sich in die graphische Ablesung genügend einarbeitet. Jedem Nonogramm geht ein kurzes Gebrauchsrezept voraus, dann folgen einige sehr instruktive Beispiele und schließlich in extremer Knappheit eine nur dem Kenner der theoretischen Statistik verständliche Darlegung der Grundlagen, auf denen die Konstruktion des Nomogramms beruht. Angemerkt sei, daß das Buch außerdem noch zwei Rechentafeln über Multiplikation bzw. Quadrierung enthält, die einen Rechenschieber ersetzen können.

Höchst bedauerlich erscheint, daß Verf., unter Fortführung der Tradition vom 3fachen mittleren Fehler, die diesem entsprechende Grenzwahrscheinlichkeit von 0,26% *allen* Nonogrammen zugrunde gelegt hat. Die moderne Statistik hat sich mehr und mehr von dieser „pessimistischen Einstellung" abgewandt und P-Werte von 1—5% als Norm gewählt. Dies bedeutet, daß man die Abweichung eines empirischen von einem theoretischen geforderten Wert nur so lange als noch zufallsmäßig bedingt erachtet, als die Wahrscheinlichkeit hierfür $\geqq 1\%$ (bzw. $\geqq 5\%$) ist, aber nicht mehr dann, wenn sich eine solche Abweichung zufallsmäßig nur 2—3 mal unter 1000 (also in 0,26%) ereignen würde. Zwar gestattet eine auf S. 7 gegebene Tabelle die Umrechnung der erhaltenen Werte auf höhere Grenzwahrscheinlichkeiten, doch bedeutet dies zugleich eine Verdoppelung der Rechenarbeit. — Die Ausstattung des Buches ist vorzüglich.

Jedem, der statistische Berechnungen durchschnittlichen Genauigkeitsgrades auszuführen hat, sei dieses Buch zur Erprobung und zum dauernden Gebrauche empfohlen. W. LUDWIG, Halle a. d. S.

BRUHAT, GEORGES, **Les étoiles.** (Nouvelle collection scientifique, dirigée par ÉMILE BOREL.) Paris: Félix Alcan 1939. VIII, 238 S., 62 Abbild. und 16 Tafeln. 14 cm × 19 cm. Preis brosch. Frcs. 25.—.

Das Buch nimmt eine Mittelstellung ein zwischen den Werken rein populären Inhalts und den Lehrbüchern. Dank einer klugen Beschränkung auf das Wesentliche in der Auswahl des Stoffes war es dem Verf. möglich, dem Leser auf nur 238 Seiten eine erstaunliche Fülle von Beobachtungs- und Forschungsergebnissen zu bieten. Auf die Wiedergabe kosmogonischer und kosmologischer Hypothesen, wie überhaupt auf alle Abschweifungen in das Gebiet der „wissenschaftlichen Spekulation" wurde bewußt verzichtet, und es ist dem Verf. dabei im allgemeinen gut gelungen, gesichertes Wissen gegenüber mehr hypothetischen Ergebnissen hervorzuheben. Der größte Teil der Gleichungen und Formeln wird ohne Ableitung gegeben. Das Buch ist daher nicht als Einführung in die Astronomie oder als Lehrbuch geeignet, sondern es wird vielmehr eine gewisse Vertrautheit mit physikalischen, mathematischen und astronomischen Gedankengängen beim Leser vorausgesetzt. Es ist auf diese Weise ein Buch entstanden, dessen Inhalt in einer ausgezeichneten Darstellung der Forschungsergebnisse und -methoden auf dem Gebiet der Fixsternastronomie und der aus diesen Ergebnissen zu ziehenden gesicherten theoretischen Schlußfolgerungen besteht und das in einigen Kapiteln sicher auch von Fachgelehrten mit Genuß und Gewinn gelesen werden wird.

In 10 Kapiteln werden folgende Themen behandelt: Nach einem einleitenden Abschnitt über die astronomischen Instrumente und die Entwicklung der Fixsternastronomie wird im 2. und 3. Kapitel die Sternphotometrie und -spektroskopie besprochen. Die Kapitel 4, 5 und 6 haben Betrachtungen über die Temperatur der Sterne und den Aufbau ihrer Atmosphären, über die Entfernungen, Dimensionen und Bewegungen der Sterne und über Doppelsterne und die Massen der Fixsterne zum Inhalt. Nach einem Exkurs über galaktische Nebel, einschließlich der Dunkelnebel und der interstellaren Materie im 7. Kapitel folgt dann ein Abschnitt über die Veränderlichen und Neuen Sterne. Die beiden letzten Kapitel schließlich sind der Milchstraße und den extragalaktischen Nebeln gewidmet. — Besondere Erwähnung verdienen die zahlreichen sehr instruktiven Abbildungen, unter denen Ref. vor allem die 4 graphischen Darstellungen von Lösungen der SAHAschen Ionisationsgleichung, die Wiedergabe der Verteilungsfunktion der absoluten Helligkeiten in den einzelnen Spektralgruppen und die Darstellungen zur Veranschaulichung der Milchstraßenrotation und der Bewegungsvorgänge im Sternsystem hervorheben möchte. H. LAMBRECHT, Breslau.

BIEZENO, C. B., und R. GRAMMEL, **Technische Dynamik.** Berlin: Julius Springer 1939. XII, 1056 S., 667 Abb. u. 5 Anhänge. 17 cm × 25 cm. Preis geb. RM 78.—.

Je klarer man die in einer Maschine oder einem Bauwerk wirkenden Kräfte erkannt hat, desto sinnvoller und sicherer kann der Ingenieur konstruieren. Deshalb hat oft neue Erkenntnis in der Mechanik technischen Fortschritt ausgelöst, und deshalb ist auch oft die Technik mit Fragestellungen an die Mechanik herangetreten. Nicht immer ist diese Zusammenarbeit, aus der im Laufe einiger Menschenalter die Technische Mechanik entstanden ist, ganz ungetrübt gewesen. Daß die Ergebnisse der Forschung nicht selten von technischer Seite als „für die Praxis ungeeignet" abgelehnt werden, zeigt die aus dem Anwachsen des Wissensstoffes entspringende Gefahr, daß Ingenieur und Wissenschaftler einander fremd werden können, und daß gerade die besten Schätze der Wissenschaft nicht oder nicht in dem möglichen Umfange der Technik zugute kommen.

Hier zu helfen, ist die Aufgabe des Buches von BIEZENO und GRAMMEL. Es handelt gerade von diesen besten Schätzen und fängt deshalb da an, wo die üblichen Lehrbücher aufhören. In drei großen Kapiteln behandelt es eine reiche Auswahl von interessanten und meist ausgesprochen schwierigen Problemen aus der Statik und Dynamik des Maschinenbaus. Ein Kapitel „Verschiedene Maschinenteile" enthält Probleme der Elastostatik: den durchgehenden Träger und den elastisch gestützten Stab, einiges über Torsion und Kerbwirkung, den kreisförmigen Stab (Kolbenring, geschlossener Ring, Speichenrad und den Ring mit Umstülpmomenten), Kreisscheibe und Kreisplatte, aus der Schalentheorie besonders Kreiszylinderschale und Kesselboden, schließlich eine Reihe von Knick- und Durchschlagproblemen. Das nächste Kapitel „Dampfturbinen" umfaßt die Festigkeitsprobleme der Kreiselradmaschinen: die Beanspruchung der rotierenden Scheibe durch Fliehkräfte, die Scheibenschwingungen, die Turbinenschaufeln und die Theorie der kritischen Drehzahlen. Das letzte Kapitel „Brennkraftmaschinen" beginnt mit Fragen aus der Starrkörpermechanik: dem Massenausgleich von Kolbenmaschinen und dem Leistungsausgleich, und behandelt dann ausführlich die Schwingungen der Kurbelwellen. Diesen 3 Kapiteln geht ein nicht minder umfangreiches voran, in dem die Grundlagen für die Behandlung der Einzelfragen geschaffen werden, wenigstens soweit es sich um Fragen der Elastizitätstheorie handelt. Hier findet man die elastischen Grundgleichungen, die Minimalprinzipe, den KIRCHHOFFschen Eindeutigkeitssatz und seinen Zusammenhang mit der Stabilitätstheorie und viele andere Dinge dieser Art, ferner eine kurze Darstellung einiger wichtiger Problemgruppen, wie ebener Spannungs- und Formänderungszustand, drehsymmetrisches Problem, Torsion, und schließlich einen Abschnitt über Lösungsmethoden, in dem neben den Mitteln zur rechnerischen Behandlung von Randwert- und Eigenwertproblemen auch einiges über Dehnungsmessungen, Spannungsoptik und die mechanischen und elektrischen Hilfsmittel zur Lösung der Potentialgleichung zu finden ist.

Daß sich ein Buch mit solchem Inhalt nur an Leser wendet, die von der Mechanik mehr als die Anfangsgründe verstehen, und daß es an ihr eigenes Mitarbeiten hohe Ansprüche stellt, ist selbstverständlich. Wesentlich für seine Aufgabe, trotz der Schwierigkeit des Stoffs Mittler zu sein zwischen der Forschung, die ihn geschaffen hat, und der Technik, die ihn gebrauchen kann, ist die Art, wie die Verf. die Probleme behandeln. Sie haben sich nicht darauf beschränkt, die einzelnen mechanischen Fragestellungen in ihre mathematische Form zu bringen und dann etwa die Lösung an einfachen Schulbeispielen zu demonstrieren, sondern sie führen die Lösung wirklich in dem technisch interessierenden Umfange durch, so daß der Ingenieur, der die vorgetragene Theorie anwenden will, sieht, wie man den Gedankengang bis zum numerischen Ergebnis zu Ende denkt. Wo es not tut, werden spezielle Funktionen in Tabellen angegeben, und Figuren mit den Ergebnissen durchgerechneter Beispiele ermöglichen es dem Ingenieur, sich über die Art des Ergebnisses einen Überblick zu verschaffen. In summa: Es ist ein Buch, das von Ingenieuren und für Ingenieure geschrieben ist, ganz besonders für diejenigen, in deren Hände die Verantwortung für schwierige Festigkeitsfragen im Maschinenbau gelegt ist. Für die technischen Hochschulen, aus deren Arbeit das Buch ja hervorgegangen ist, wird es ein hohes und schönes Ziel sein, eine Generation von Ingenieuren heranzubilden, die fähig sein werden, dies schöne Buch zu lesen und zum Segen der Technik zu gebrauchen.

W. FLÜGGE, Berlin-Adlershof.

CRANE, M. B., and W. J. C. LAWRENCE, **The Genetics of Garden Plants.** Second Edition. London: Macmillan & Co., Ltd. 1938. XXI, 287 S. und 62 Abbild. 14 cm × 22 cm. Preis £ 12/6.

Die vorliegende 2. Auflage ist ebenso aufgebaut und gegliedert wie die erste, sie ist nur dem Stand der heutigen Forschung angepaßt. Die einführenden Kapitel behandeln die Vererbung und Cytologie diploider und polyploider Pflanzen. Daran anschließend werden die genetischen Forschungsergebnisse einiger Blumen- und Zierpflanzen sowie verschiedener Gemüse- und Obstarten besprochen. In einem weiteren Kapitel wird an Hand von zahlreichen Beispielen auf erbliche und nichterbliche Variationen hingewiesen. Sodann werden die Erscheinungen der „Unverträglichkeit" und „Sterilität" behandelt und die Konsequenzen besprochen, die sich hieraus für den gärtnerischen Pflanzenbau ergeben. Mit dem Terminus „Unverträglichkeit" werden die Fälle gekennzeichnet, in denen nach bestimmten Kreuzungen oder auch Selbstungen die Zygotenbildung ausbleibt, obwohl die Geschlechtszellen der beteiligten Individuen vollkommen funktionsfähig sind. Der Begriff „Sterilität" wird auf die Fälle bezogen, in denen ein Individuum keine geschlechtlichen Nachkommen erzeugen kann. In dem Schlußkapitel werden die Möglichkeiten erörtert, die für die Entstehung neuer Arten und Varietäten in Frage kommen.

Der Stoff ist im ganzen wie auch im einzelnen sehr gut gegliedert, die Darstellung einfach, klar und prägnant. Die Verff. waren offensichtlich bemüht, sich auf den denkenden, aber wissenschaftlich nicht vorgebildeten Gärtner einzustellen. Bei Besprechung der allgemeinen Grundtatsachen der Vererbung und Cytologie sind sie z. B. nicht von Zellbau, Zellteilung, Reduktionsteilung, Befruchtung und Entwicklung ausgegangen, sondern — nach einem kurzen Hinweis auf die Notwendigkeit der Vereinigung von männlichen und weiblichen Keimzellen zur Übertragung der erblichen Substanz — von dem Gen und seinen Wirkungen. Nach diesen leichtverständlich gehaltenen Ausführungen haben sie in logischer Folge den Begriff der Dominanz, die Mendelspaltung, Abwandlungen derselben, Letalfaktoren, multiple Allele usw. erklärt. Durch Verwendung von Beispielen, die dem praktischen Pflanzenzüchter geläufig sind, wirkt die Darstellung

anschaulich. Daß in dem speziellen Teil nur die Eigenschaften und Merkmale einer eingehenden Besprechung unterzogen sind, die für die Praxis des Erwerbsgartenbaues Bedeutung haben, trägt vorteilhaft dazu bei, das Buch dem einfachen Gärtner nahezubringen.

Berücksichtigt sind vorwiegend die Arbeiten englischer und amerikanischer Autoren. Auf die Arbeiten deutscher Wissenschaftler wird selten eingegangen. Nicht immer sind an sich sehr problematische Vorstellungen mit der nötigen Vorsicht besprochen (z. B. Vererbung der Blütenfüllung bei Levkojen). Wünschenswert wäre es gewesen, wenn die Genetik der Bohne, der Erbse, des Salates sowie das Kurz- und Langtagproblem spezielle Berücksichtigung gefunden hätten. FRITZ ZINN, Quedlinburg.

D'ANCONA, UMBERTO, **Der Kampf ums Dasein.** Eine biologisch-mathematische Darstellung der Lebensgemeinschaften und biologischen Gleichgewichte. Übers. v. LUDWIG HOLZER. (Abh. z. exakten Biologie. Hrsg. v. L. v. BERTALANFFY, Heft 1.) Berlin: Gebrüder Borntraeger 1939. X, 196 S u. 46 Abbild. 17 cm × 25 cm. Preis brosch. RM 12.—.

Mit diesem ersten Heft der „Abhandlungen zur exakten Biologie" wird die frühere Folge der „Abhandlungen zur theoretischen Biologie" fortgesetzt, und man muß dem Verlag wie dem Herausgeber Dank wissen, daß sie sich zu einem solchen Unternehmen entschlossen haben. Die neue Schriftenreihe soll einen Sammelpunkt bilden für Forschungen, die sich mit allgemeinen und besonders mit quantitativen Gesetzmäßigkeiten des Lebens und der Lebenserscheinungen befassen. Die Beschränkung auf exakte, quantitative und daher meist mathematischer Behandlung zugängliche Forschungsgebiete bedeutet gegenüber dem viel weiter gesteckten Inhaltsbereich der früheren Sammlung einen ebenso willkommenen wie notwendigen Fortschritt. Man darf hoffen, daß rein spekulative, philosophierende Abhandlungen, deren wir heute reichlich besitzen, ausgeschaltet bleiben und daß an ihrer Stelle ein im deutschen biologischen Schrifttum der letzten beiden Jahrzehnte vernachlässigtes, ja fast fehlendes Gebiet, die mathematische Biologie, zu Worte kommt. Denn daß gerade hier die deutsche Wissenschaft ganz erheblich „nachhinkt", ist zu einem wesentlichen Teile durch den bisherigen Mangel eines Veröffentlichungsorganes bedingt.

Das vorliegende erste Heft behandelt ausschließlich die Theorien von VOLTERRA, und sein Titel könnte ebensogut „Mathematische Theorie der Lebensgemeinschaften" lauten. Daß als Verf. nicht VOLTERRA, sondern der Fischzoologe D'ANCONA zeichnet — der zwar auf Grund seiner Beobachtungen über den Fischfang in der Adria während und nach dem Weltkriege VOLTERRA zu seinen Überlegungen angeregt hat, an der Schaffung des ganzen Theoriengebäudes aber nur sehr geringen Anteil besitzt — hat Gründe sekundärer Art. Der Inhalt des Heftes — schon vor 20 Jahren in italienischer, kurz darauf in französischer Sprache erschienen, 1932 in BORELS Handbuch der Wahrscheinlichkeitslehre (Paris) ausführlich dargestellt und ebenso in KOSTITZINS „Biologie mathématique" (1937) — kann hier nur eben angedeutet werden: Bevölkerungsablauf einer und mehrerer Arten unter verschiedenen zusätzlichen Bedingungen; der ein Bevölkerungswachstum hemmende Einfluß der Beschränktheit des Lebensraumes usw.; Konkurrenz zweier oder mehrerer Arten um die Güter des Lebensraumes (Platz, Nahrung usw.); Koexistenz von Raub- und Beutearten; Verfeinerung aller Ansätze infolge Berücksichtigung der Altersunterschiede innerhalb einer Bevölkerung, von „Nachwirkungsserscheinungen" usw. — Den Schluß bilden 3 kurze Kapitel über „Gründe, die die Anwendung der Mathematik auf das Studium von Gemeinschaften bekräftigen und rechtfertigen", unter Anführung von Beweisen und Belegen aus natürlichen Beobachtungen und Experimentaldaten. Für diesen Teil wäre wohl, in Anbetracht des zu erwartenden Leserkreises, der von der Notwendigkeit und Leistungsfähigkeit mathematisch-biologischer Methoden überzeugt werden soll, eine etwas größere Ausführlichkeit, insbesondere die Anführung von mehr numerischen Daten, erwünscht gewesen (VOLTERRA hat sich zwar nie um Verifikationen gekümmert, dafür aber wiederholt erklärt, er stelle lediglich eine mathematische Theorie auf, vergleichbar z. B. der der Mechanik der starren Körper; und es sei Recht und Pflicht der *Biologen*, seine Feststellungen in Schranken zu weisen, zu interpretieren, zu korrigieren und zu verifizieren. Verf. dieses Heftes ist aber Biologe!). — Im theoretischen Teil dieser Arbeit kommen neben VOLTERRA noch LOTKA und KOSTITZIN vor, im empirischen Teil eine Anzahl anderer Autoren, vor allem GAUSE. Vollständigkeit ist aber in keinem Falle erreicht.

Die Darstellung ist gut und klar; ob sie aber zweckmäßig ist, möchte Ref. bezweifeln. Wer für Nichtmathematiker (einschließlich Biologen, die nicht Vollmathematiker sind) ein Wissenschaftsgebiet wie das der VOLTERRAschen Integro-Differentialgleichungen einem Biologenkreis darlegen will, muß sich vorher für einen von 3 Standpunkten entscheiden: 1. er setzt alle erforderlichen mathematischen Kenntnisse voraus; dann wird das Buch kürzer, übersichtlicher und für *alle* Leser weit leichter lesbar als z. B. das vorliegende; 2. er leitet, unter Verweis auf die ausführlichen Originalarbeiten, möglichst in Worten, gewisse Formeln, z. B. Differentialgleichungen her, überspringt deren Integrierung und alle zugehörigen Zwischenrechnungen, und interpretiert die endgültige Gleichung in Worten, evtl. unter Verweis auf einen kurzen „Mathematischen Anhang"; oder 3. — *und das ist hier der Fall* — er führt Schritt für Schritt alle Zwischenrechnungen an, hierdurch die Lesbarkeit erschwerend und den Umfang vergrößernd, ohne aber Sätze wie die folgenden vermeiden zu können: „Durch Integration dieser Gleichung und Übergang von den Logarithmen auf die Numeri erhält man . . ." Eine derartige Darstellung hat leicht zur Folge, daß Mathematiker wie Nichtmathematiker, jeder aus anderen Gründen, die Zwischenrechnungen überschlagen und lediglich das Endergebnis ins Auge fassen. Ref. befürwortet deshalb den Standpunkt „2".

Diese Ausstellungen, die sich weit weniger auf das vorliegende Heft als auf das Gesamtgebiet der mathematischen Biologie beziehen, sollen ersterem nicht zum Nachteil gereichen. Man muß Verlag und Verf. dankbar sein, daß ein solches Heft erschienen ist, muß aber andererseits darauf hinweisen, daß es vermutlich nicht allen Wünschen entspricht und die gesteckten Ziele nicht erreicht. Hier in Zukunft das Richtige zu treffen, wird Aufgabe des Herausgebers sein.

W. LUDWIG, Halle a. d. S.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.